

**Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**



**Problematika provozu vedení 110kV**

**Problems of 110kV lines operation**

**2010**

**Bc. Jaroslav Sojka**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne .....

.....  
Bc. Sojka Jaroslav

**Prohlašuji, že :**

- jsem byl seznámen s tím, že na moji Diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb.- autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představeních a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě Diplomovou práci užít (§35 odst.3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk Diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího Diplomové práce.
- souhlasím s tím, že údaje o Diplomové práci, obsažené v záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé Diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřou licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst.4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – Diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy.

V Ostravě .....

.....

Bc. Sojka Jaroslav

Jaroslav Sojka  
Závada č.160  
Petrovice u Karviné 73572

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Radomíru Goňovi Ph.D. Dále Ing. Tomáši Raškovi Ph.D. a Ing. Daliboru Lysému za odborné vedení, cenné rady a připomínky a poskytnutí podkladů pro tvorbu této diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval celé mé rodině za podporu při studiu na VŠB – TU Ostrava.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá problematikou provozu 110kV vedení. V první kapitole se zabývá druhy elektroenergetických sítí a jejich dimenzování. Je zde kladen důraz na síť 110kV, jak se provozuje a jaké jsou typy rozvodu. Dále jsou zde uvedeny podmínky pro dimenzování sítí. V druhé kapitole se zabývá údržbou sítí. Je zde uvedeno co je to Řád preventivní údržby, co obsahuje. Dále jsou zde uvedeny pracovní postupy, které se provádějí na vedeních VVN. Ve třetí kapitole se zabývá analýzou databáze poruch linek 110kV – Morava.. Na uvedených grafech jsou zobrazeny nejčastější příčiny poruch a konkrétní druhy poruchy. Ve čtvrté kapitole se zabývá analýzou databáze závad linek 110kV – Morava. Na uvedených grafech jsou zobrazeny nejčastější příčiny závad a konkrétní druhy závad. V páté kapitole jsou uvedeny nejproblémovější vedení a jejich závady. Dále se zde zabývá návrhem na rekonstrukci těchto vedení. V šesté kapitole řeší návrh na intenzivnější údržbu linek. V sedmé kapitole řeší vyhodnocení nákladů na km vedení dle současného stavu a nového návrhu (po rekonstrukci 3 vedení a zintenzivnění pravidelné údržby a kontroly vedení).

## **Klíčová slova**

Elektrická síť, dimenzování, údržba, pracovní postup, porucha, závada, úsek vedení, rekonstrukce

## **Abstract**

This graduation theses deals with problem of 110 kV transmission line operation. In the first chapter it deals with types of electrical power grids and their dimensioning. There is emphasis on 110 kV grid about operation and types of distribution. There are conditions for dimensioning of grids. In the second chapter it deals with maintainance of grids. There is explanation and content of rule of preventive maintainance. There are mentioned work procedures that are performed on VHV transmission lines. In the third chapter it deals with analysis of failure database of 110 kV transmission lines - Morava. There are depicted most frequent reasons of failures and concrete types of failures on mentioned graphs. In the fourth chapter it deals with analysis of defect database of 110 kV transmission lines - Morava. There are depicted most frequent reasons of defects and concrete types of defects on mentioned graphs. In the fifth chapter there are mentioned the most problematical transmission lines and their defects. It deals with project for reconstruction of these transmission lines, too. In the sixth chapter it solves the project for more intense transmission line maintainance. In the seventh chapter it solves evaluation of the costs of 1 km transmission line according to the present state and a new project (after reconstruction of 3 transmission lines and higher intensity of regular maintainance and check of transmission line).

## **Key-words**

Electrical power network, dimensioning, upkeep, work procedure, failure, glitch, section of a line, Re-adjustment

## Seznam použitých symbolů

$I_L$ - induktivní proud	( I (A) Ampér)
$I_C$ - kapacitní proud	( I (A) Ampér)
$I_P$ - poruchový proud	( I (A) Ampér)
$I_N$ - jmenovitý proud	( I (A) Ampér)
$I$ - proud vedením	( I (A) Ampér)
$I_J$ - jalová složka proudu	( I (A) Ampér)
$I_C$ - činná složka proudu	( I (A) Ampér)
$R_V$ - odpor vedení	( R ( $\Omega$ ) Ohm)
$X_L$ - reaktance vedení	( $X_L$ ( $\Omega/\text{km}^{-1}$ ) Ohm/kilometr)
$U_1$ - napětí na začátku vedení	( U (V) Volt)
$U_2$ - napětí na konci vedení	( U (V) Volt)
$\Delta U$ - úbytek na vedení	( $\Delta U$ (V) Volt)
$k$ - koeficient respektující druh a materiál vedení	(ČSN 341610)
$I_Z$ - výpočtový proud	( I (A) Ampér)
$T$ - doba plných ztrát	( T (s) sekunda)
$t$ - počet provozních hodin zatížení	( t (h) hodina)
$A$ - elektrická energie přenesená vedením za rok	( A (Wh) Watt-hodina)
$P_P$ - výpočtové zatížení	( P (W) Watt)
$\Delta P$ - celkové činné ztráty	( $\Delta P$ (W) Watt)
$\Delta \vartheta$ - teplotní rozdíl mezi povrchem vodiče a okolí	( $\Delta \vartheta$ (K) Kelvin)
$\vartheta_M$ - maximální teplota	( $\vartheta_M$ (K) Kelvin)
$\vartheta_0$ - základní teplota okolního vzduchu	( $\vartheta_0$ (K) Kelvin)
$T$ - tepelný odpor vodiče na jednotku délky mezi vodičem okolím	( T( $\text{K}\cdot\text{m}\cdot\text{W}^{-1}$ ) Kelvin, metr, Watt)
$\Delta \vartheta_M$ - maximální dovolený teplotní rozdíl jádra vodiče a okolí	( $\Delta \vartheta_M$ (K) Kelvin)
$R$ - elektrický odpor vodiče na jednotku délky	( R ( $\Omega\cdot\text{m}^{-1}$ ) Ohm/metr)
$F_K$ - síla mezi vodiči na metr délky vodiče	( $F_K$ ( $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ ) Newton/metr)
$k_1, k_2$ - koeficienty tvaru vodiče a uspořádání vodičů	
$I_{KM}$ - nárazová zkratový proud	( $I_{KM}$ (A) Ampér)
$a$ - vzdálenost vodičů	( a (m) metr)
$S_{MIN}$ - minimální průřez vodiče	( $S_{MIN}$ ( $\text{mm}^2$ ) milimetr-čtvereční)
$t_K$ - doba trvání zkratu	( $t_K$ (s) sekunda)
$K$ - koeficient respektující teplotu jádra kabelu před a po zkratu	
$S$ - průřez vodiče	( S ( $\text{mm}^2$ ) milimetr-čtvereční)
$\rho$ - rezistance	( $\rho$ ( $\Omega/\text{km}$ ) Ohm/kilometr)
$l$ - délka	( l (m) metr)
$^{\circ}\text{C}$ - stupeň Celsia	
$T_t$ - teplota sledovaného místa	( $T_t$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) stupeň Celsia)

## Seznam použitých zkratek

PS - přenosová soustava

DS - distribuční soustava

ČR - Česká republika

UCPTE - (Union for the coordination of production and transmission of electricity) - Sdružení pro koordinaci výroby a přenosu elektrické energie.

ES – elektrizační soustava

ČÚBP - Český úřad bezpečnosti práce

ŘPÚ - Řád preventivní údržby

ENTSO-E – (European Network of Transmission System Operators for Electricity) - Evropská síť provozovatelů přenosových soustav elektřiny

NPV – Net Present Value - Metoda čisté součastné hodnoty

SF<sub>6</sub> - fluorid sírový

# Obsah

Abstrakt .....	- 6 -
Klíčová slova .....	- 6 -
Abstract .....	- 6 -
Key-words .....	- 6 -
Seznam použitých symbolů .....	- 7 -
Seznam použitých zkratk .....	- 8 -
<b>Obsah .....</b>	<b>- 9 -</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>- 10 -</b>
<b>1. Druhy elektroenergetických sítí a jejich dimenzování .....</b>	<b>- 11 -</b>
1.1. Rozdělení elektrizační soustavy .....	- 11 -
1.2. Druhy elektroenergetických soustav .....	- 12 -
1.3. Druhy soustav z hlediska spojení uzlů vinutí transformátorů .....	- 15 -
1.4. Uspořádání rozvodu elektrické energie .....	- 19 -
1.5. Dimenzování sítí .....	- 22 -
<b>2. Údržba vedení 110kV .....</b>	<b>- 27 -</b>
2.1. Základní pojmy .....	- 27 -
2.2. Řád preventivní údržby .....	- 29 -
2.3. Pracovní postupy .....	- 31 -
2.3.1. Seznam pracovních postupů pro práci na VVN .....	- 32 -
2.4. Termovizní Diagnostika .....	- 33 -
<b>3. Analýza databáze poruch na vedení 110kV .....</b>	<b>- 37 -</b>
3.1. Příčiny poruch .....	- 37 -
3.1.1. Rozdělení příčin poruch .....	- 38 -
<b>4. Analýza databáze závad na vedení 110kV .....</b>	<b>- 42 -</b>
4.1. Příčiny závad .....	- 42 -
3.1.1. Rozdělení příčin závad .....	- 43 -
4.2. Závady na nejproblémovějších úsecích vedení 110kV .....	- 52 -
<b>5. Návrh na rekonstrukci nejproblémovějších vedení s ekonomickým posouzením návratnosti investice .....</b>	<b>- 54 -</b>
5.1. Zadávací návrh pro rekonstrukci vedení č. 595/596-T1 .....	- 54 -
5.2. Posouzení variant - Metoda čisté současné hodnoty .....	- 59 -
5.3. Zadávací návrh pro rekonstrukci vedení č. 598-1 a 624/623-1 .....	- 61 -
<b>6. Návrh na intenzivnější údržbu vedení 110kV .....</b>	<b>- 65 -</b>
<b>7. Vyhodnocení nákladů na km vedení dle současného stavu a nového návrhu .....</b>	<b>- 66 -</b>
7.1. Současný stav vedení 110kV – oblast Morava .....	- 67 -
7.2. Nový stav vedení 110kV – oblast Morava: .....	- 68 -
<b>Závěr .....</b>	<b>- 71 -</b>
Použitá literatura a internetové odkazy v Diplomové práci .....	- 72 -
<b>Přílohy Diplomové práce .....</b>	<b>- 73 -</b>



## Úvod

Elektrická energie v dnešní době a i do budoucna bude patřit mezi jednu z nejdůležitějších potřeb pro život člověk na Zemi. Elektrická energie je předpokladem a nezbytností rostoucí ekonomiky a také zaručuje podstatným způsobem úroveň života člověka a celé společnosti. Tato skutečnost má i své zpětné vazby, které se projevují v požadavcích na kvalitu elektrické energie a její dodávky. Spolehlivý chod celé elektrické sítě se stává důležitým parametrem pro hodnocení spolehlivosti dodávky elektrické energie. Přerušení dodávky elektrické energie a energií vůbec je velkým problémem jak z hlediska výroby tak i finančního vyrovnání. Podniky ztrátou energie přicházejí o zisky z výroby a distributoři elektrické energie o zisky z prodeje elektřiny. Řešení spolehlivosti dodávek všech energií je jak z regionálního tak i globálního pohledu na rozvoj společnosti velice důležitým tématem. Energetická politika každého státu klade důraz nejen na plánování budování výrobních základen, ale i přenosových a distribučních sítí. V podmínkách České republiky a celé Evropské unie je základní požadavek na dostupnost elektrické energie samozřejmostí. Proto otázky jako bezpečnost a spolehlivost dodávky elektrické energie je významnou prioritou.

Bezpečnost a spolehlivost přenosu elektrické energie má na starosti provozovatel přenosové soustavy dané země. Bezpečnost a spolehlivost distribuce elektrické energie mají na starosti různé společnosti zabývající se distribucí elektrické energie, ale i třeba výrobou. Každá taková to společnost musí mít svůj Řád preventivní kontroly a údržby, podle kterého se provádějí pracovní úkony pro provoz, opravy a odstraňování nepříznivých stavů jako jsou závady a poruchy.

V diplomové práci je jeden takovýto Řád preventivní údržby popsán spolu s provedenou analýzou databáze závad a poruch na vedení 110kV – Oblast Morava. Na základě této analýzy bude provedeno vytipování nejzávadovějších vedení 110kV, na kterých se provede rekonstrukce. Na zbylých vedeních se provede návrh na intenzivnější kontrolu a údržbu vedení 110kV. Cílem je dosažení menšího výskytu jak závad tak i poruch vyskytujících se v síti 110kV. Snížením počtu závad a poruch na vedeních 110kV se zaručí lepší a spolehlivější provoz celé sítě a dodávky elektrické energie jak průmyslovým podnikům tak městským oblastem.

# 1. Druhy elektroenergetických sítí a jejich dimenzování

Přenosová elektrizační soustava České republiky (ČEPS) je jednou z nespolehlivějších v Evropě. Od 19.12.2009 je členem organizace ENTSO-E (bývalá UCPTE). ČEPS je jedním ze subsystémů elektrizační soustavy ČR, který propojuje významné subjekty (elektrárny, velké podniky, města, apod.) v elektrizační soustavě a zajišťuje také zahraniční spolupráci v rámci ENTSO-E. ČEPS zajišťuje přenos elektřiny, dispečerské řízení, provoz a rozvoj přenosové soustavy ČR. Distribuční část soustavy ČR mají ve vlastnictví tři subjekty.

## 1.1. Rozdělení elektrizační soustavy

Elektrizační soustava (ES) slouží k přenosu a rozvodu elektrické energie z místa výroby až do místa spotřeby. Celá elektrizační soustava v ČR se dělí na dvě základní části [1]:

- přenosová soustava (Nadřazená) (400kV, 220kV, částečně 110kV)
- distribuční soustava (110kV, 35kV, 22kV, 10kV, 6kV a 0,4kV)

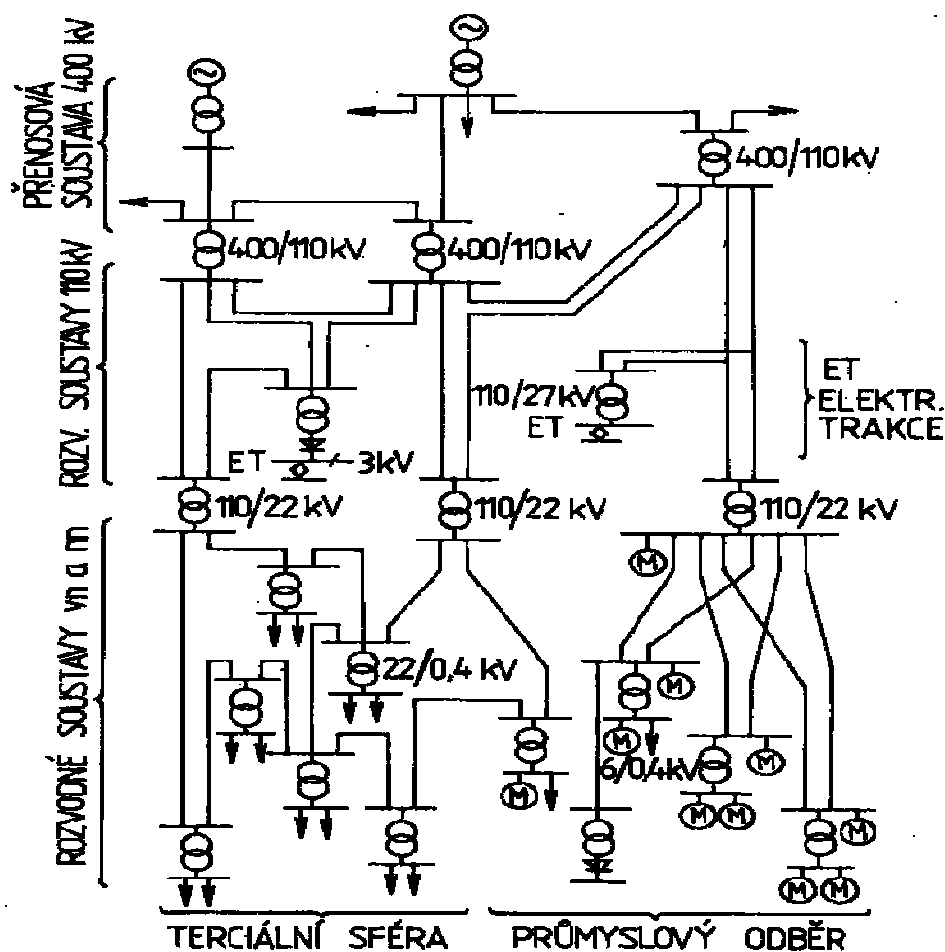
*Přenosová soustava* zajišťuje výrobu, přenos, rozvod a užití elektrické energie. Kromě hlavních prvků systému (výrobního, přenosového a distribučního zařízení) obsahuje i prvky zajišťující měření, kontrolu, ochranu, regulaci a řízení celé soustavy. Hlavním úkolem je přenos velkých výkonů mezi hlavními uzly ES.

*Distribuční soustava* jsou zařízení pro rozvod elektřiny z přenosové soustavy nebo ze zdrojů zapojených do ní, ke koncovým uživatelům. Součástí jsou i řídicí, ochranné, zabezpečovací a informační systémy. V podmínkách ČR se jedná o rozvody a zařízení do maximální velikosti napětí 110kV. Hlavním úkolem je rozdělit elektrickou energii z napájeného uzlu do jednotlivých skupin nebo oblastí spotřebičů.

K plnění úkolu ES, které pro ni vyplývají z hospodářství, musí soustava i každá její část plnit tyto požadavky [2].

- zajišťovat bezpečnost osob
- výrazně snižovat pracnost prací v provozu
- využívat odpadního tepla
- být materiálově nenáročná
- zajišťovat dostatečnou, spolehlivou a kvalitní dodávku elektrické energie spotřebitelům
- pracovat s vysokou účinností
- pracovat s větším počtem zdrojů, elektrických stanic a vyššími parametry
- umožňovat řízení odběru elektrické energie
- zabránit nepříznivým vlivům soustavy na životní prostředí

Elektrizační soustavy jsou tvořeny jednotlivými sítěmi, zdroji a elektrickými stanicemi (obr.1.1). Elektrická energie se v ČR přenáší soustavami 3 ~ 50 Hz 400kV a 3 ~ 50 Hz 220kV, obě s účinně uzemněným uzlem.



Obr. 1.1. Struktura elektrizační soustavy v ČR [2]

Distribuční soustava je napájena z uzlových elektrických stanic 400(220)/110kV přenosové soustavy. Na stanici navazuje veřejná distribuční soustava (venkovský nebo městský rozvod). Z této soustavy jsou napájeny průmyslové závody a elektrická trakce. Některé průmyslové podniky dodávají do této sítě elektrickou energii vyrobenou ve svých průmyslových elektrárnách.

## 1.2. Druhy elektroenergetických soustav

Elektrizační soustava je soubor zařízení pro výrobu, přenos a spotřebu elektrické energie. Může být provozována samostatně nebo jako část propojené elektrizační soustavy.

Každá část rozvodu elektrické energie je charakterizována jmenovitým napětím, uspořádáním a způsobem provozu uzlu napájecího transformátoru. Toto řešení elektrické sítě určuje její vlastnosti a možnosti použití.

Rozdělení elektroenergetických soustav:

- podle druhu napětí
  - stejnosměrné
  - střídavé

- podle transformací
  - bez transformace
  - s jednou transformací
  - se dvěma transformacemi
  - se třemi transformacemi
- podle spojení uzlů vinutí transformátorů
  - izolovaná
  - účinně uzemněná
  - neúčinně uzemněná (přes odpor, indukčnost)

viz kapitola [1.3.]

- podle velikosti napětí
  - NN (nízké napětí 230V/400V)
  - VN (vysoké napětí 3kV, 6kV, 10kV, 22kV, 35kV)
  - VVN (velmi vysoké napětí 110kV, 220kV, 440kV)
  - ZVN (zvlášť vysoké napětí 500kV, 750kV, 1150kV)

Tab. 1.1 Napěťové úrovně v ES [3]

Nízké napětí (nn) [ kV ]	jmenovité	0,4/0,23			0,50	0,69
	max. provozovací	0,42/0,241				0,73
Vysoké napětí (vn) [ kV ]	jmenovité	3	6	10	22	35
	max. provozovací	3,6	7,2	12	25	37
Velmi vysoké napětí (vvn) [ kV ]	jmenovité	110		220	400	-
	max. provozovací	123		245	420	-
Zvlášť vysoké napětí (zvn) [ kV ]	jmenovité	750				
	max. provozovací	787 (předp. se zvýšení na 800)				

V podmínkách České republiky se hladina ZVN nevyskytuje. Z důvodu relativně malé rozlohy České republiky vůči jiným státům (např. USA, Kanada, Rusko) je použití ZVN je nevýhodné.

#### Stejnoseměrná soustava:

K přenosu elektrické energie v ČR se nepoužívá. Stejnoseměrné napětí je možno použít [3]:

- napájení malých spotřebičů (ovládání, signalizace, nouzové osvětlení, automatiky, malé motory, atd.). Používá se napětí 12V, 24V, 48V, 60V, 110V, 220V, 440V, 600V
- napájení dopravních prostředků (tramvaj, trolejbus, vlak, metro, atd.). Používá se napětí (600V) 750V, 1500V, 3000V

Výhody: menší ztráty na vedení, menší úbytek napětí, menší počet vodičů a menší průřez, snadný paralelní chod zdrojů, možnost akumulace energie

Nevýhody: nemožnost transformace napětí.

Střídavá soustava:

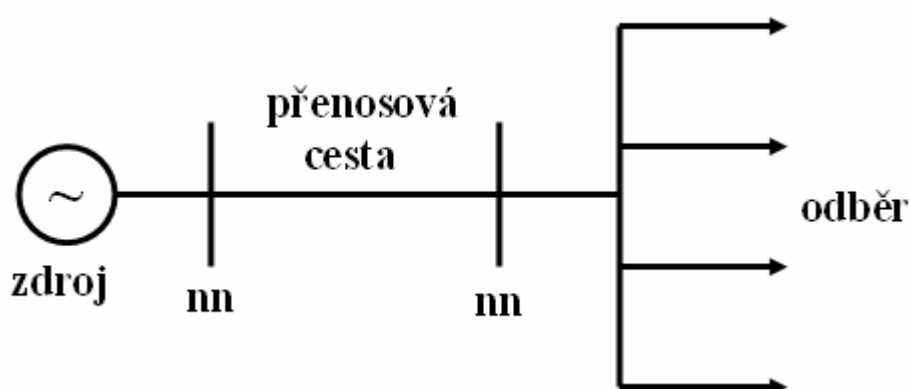
Volba přenosového a rozvodného napětí je dána technicko-ekonomickou rozvahou, kde je rozhodující vzdálenost a velikost přenášeného výkonu.

Výhody: možnost transformace napětí ( při přenosu energie na velké vzdálenosti je přenos o co nejvyšším napětí výhodný z důvodu omezení ztrát na vedení).

Nevýhody: větší ztráty na vedení, větší úbytek napětí, větší počet vodičů a větší průřez, složitý paralelní chod zdrojů, nemožnost akumulace energie

Soustava bez transformace:

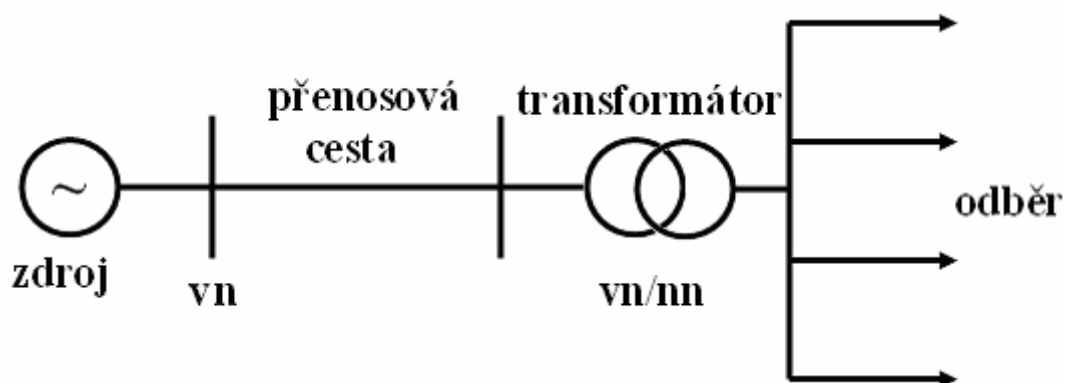
Na generátoru je nízké napětí NN, které s přenáší od zdroje ke spotřebiči (obr 1.2)



Obr. 1.2

Soustava s transformací (distribuční):

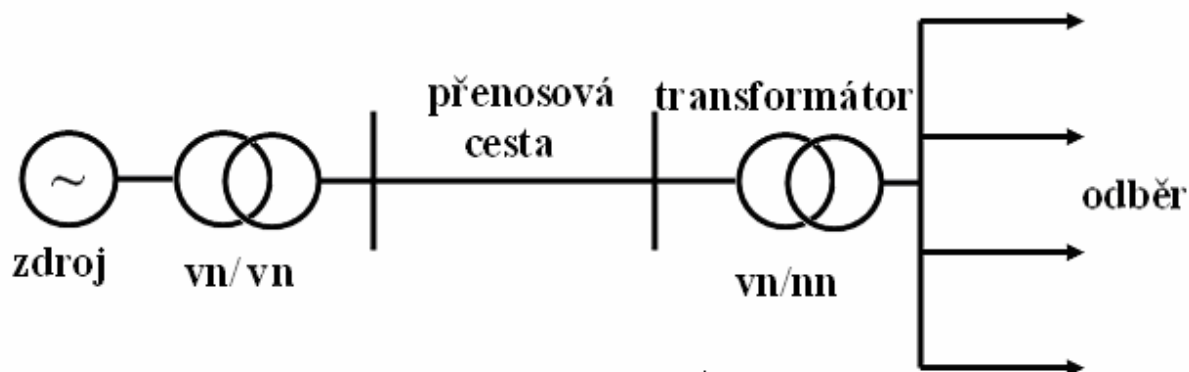
Na výstupu ze zdroje je vysoké napětí, o tomto napětí se přenáší elektrická energie a v místě spotřeby se transformuje z VN na NN (obr.1.3).



Obr. 1.3

Soustava se dvěma transformacemi:

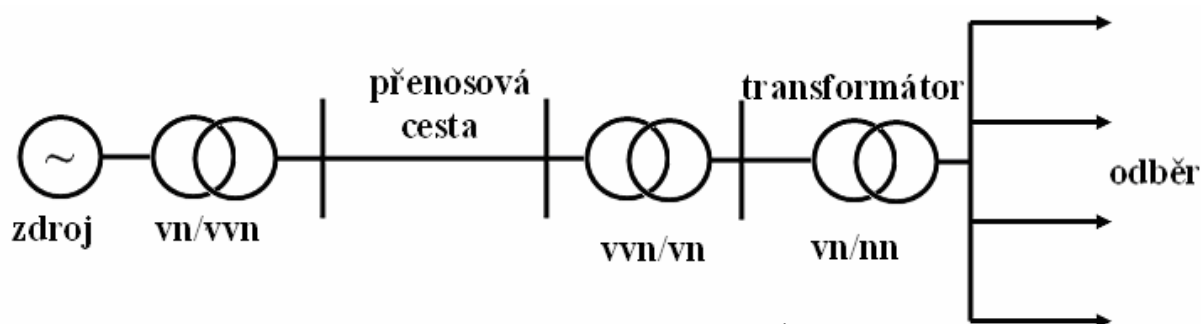
První transformace u zdroje, druhá v místě spotřeby z VN na NN (obr.1.4).



Obr.1.4

Soustava s třemi transformacemi:

U zdroje se transformuje napětí z VN na VVN, o tomto napětí se přenáší energie na velké vzdálenosti, transformujeme se z VVN na VN a v místě spotřeby je třetí transformace z VN na NN (obr. 1.5).



Obr. 1.5

### 1.3. Druhy soustav z hlediska spojení uzlů vinutí transformátorů

Důležitým technicko-ekonomickým ukazatelem je způsob zapojení uzlu vinutí transformátorů se zemí. Tento způsob zapojení uzlu má vliv na chování sítě během vodivého spojení jedné fáze se zemí a to především na:

- velikost poruchového proudu
- velikost napětí mezi fázovým vodičem a zemí

Velikost proudu vede k rozhodování o způsobu dimenzování a chránění v soustavě. Velikost napětí mezi vodičem a zemí klade důraz na izolaci.

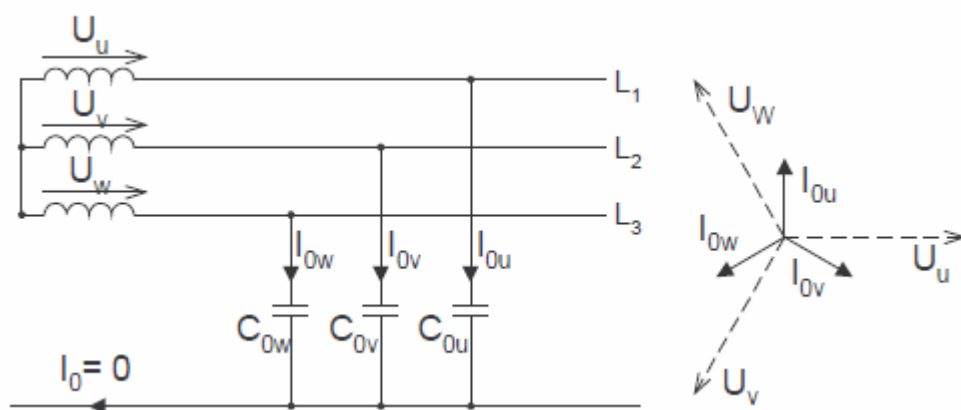
V neporuchovém stavu sítě neteče zemí žádný proud. Napětí mezi fázemi je sdružené, mezi fází a uzlem je fázové.

Jinak je tomu v poruchovém stavu (např. spojení jedné nebo více fází se zemí).

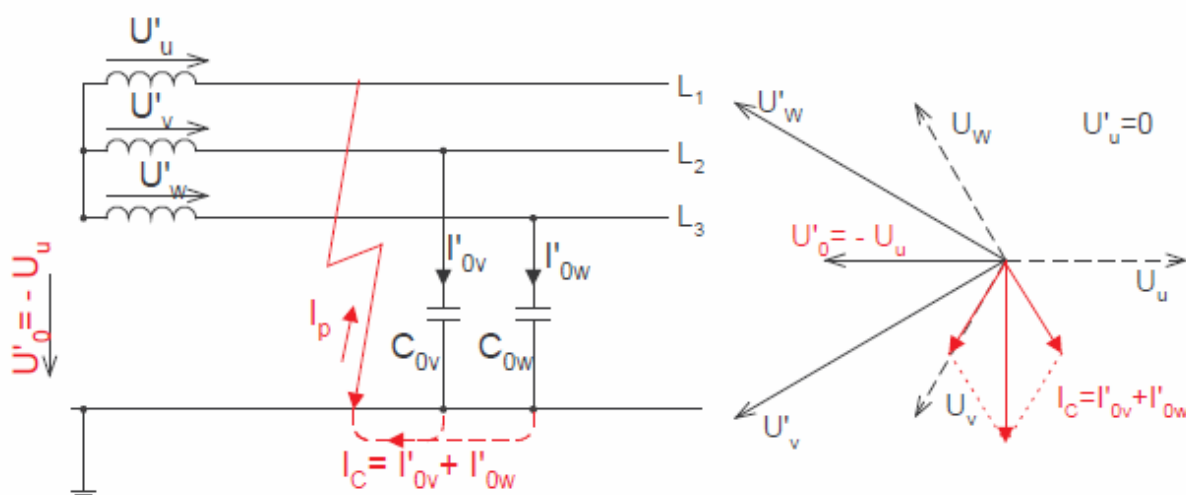
Z tohoto hlediska rozeznáváme dále uvedené druhy sítí [3].

## Sítě izolované

Uzel vinutí transformátoru není spojen v bezporuchovém stavu se zemí a má nulové napětí, fáze vůči zemi má fázové napětí. Při spojení jedné fáze se zemí (Zemní spojení) vzroste napětí uzlu vinutí transformátoru vůči zemi na napětí fázové, napětí nepostižených fází vzroste vůči zemi na napětí sdružené (obr. 1.3.1 a 1.3.2).



Obr. 1.3.1 Izolovaná síť a fázorový diagram napětí a proudu [3]



Obr. 1.3.2 Izolovaná síť při zemním spojení [3]

Velkou výhodou této sítě je možnost jejího provozování při zemním spojení. Její izolace musí být dimenzována na sdružené napětí, které se objeví při poruše na zdravých fázích. Nevýhodou je že síť teče v místě poruchy proud kapacitního charakteru ( $I_C$ ).

Při vzniku zemního spojení (je-li přerušované), vznikají značná přepětí na zdravých fázích a vedení musí být odpojeno.

Jako izolované jsou provedeny pouze sítě vn (od 6kV do 35kV) malého rozsahu, kde kapacitní proud sítě nepřesahuje 20A (Ampér).

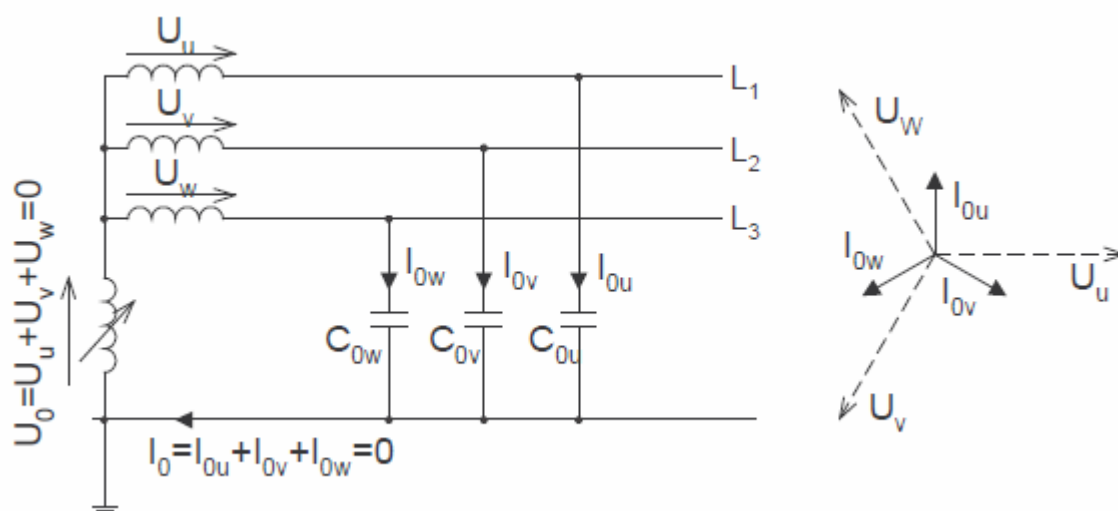
## Sítě neúčinně uzemněné

Jsou to sítě kde jsou nulové body transformátoru uzemněny přes velkou impedanci nebo rezistenci.

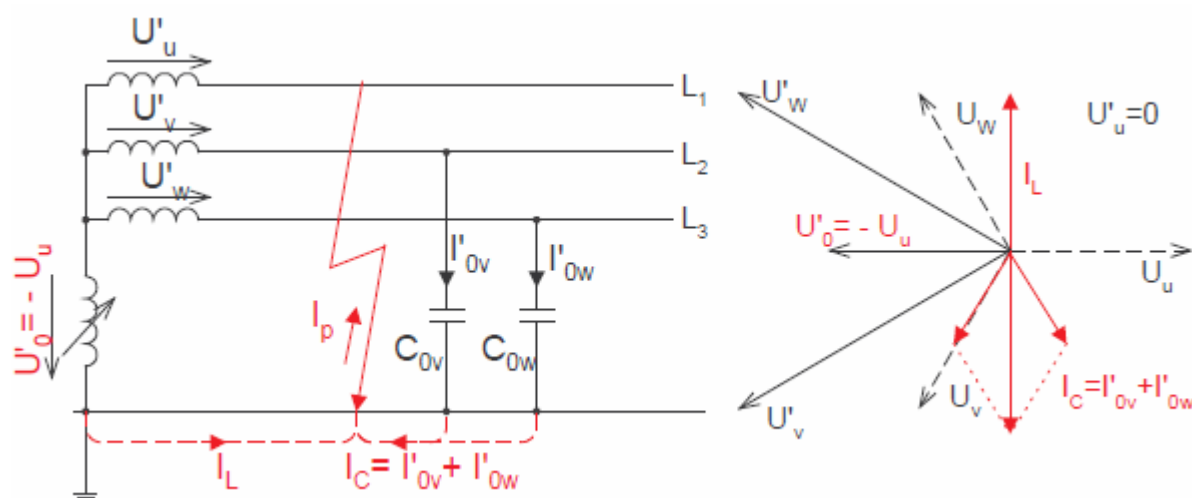
## Sítě kompenzované

Bezporuchový stav je stejný jako u izolované soustavy (obr. 1.3.3). Při vodivém spojení fáze se zemí nastává zemní spojení a zemní kapacitní proudy jsou kompenzovány proudem induktivního charakteru, který prochází přes tlumivku (tzv. Petersenova cívka) (obr. 1.3.4). Je-li induktivní proud ( $I_L$ ) cívkou stejně velký jako kapacitní proud ( $I_C$ ) tekoucí místem poruchy, dojde k vykompenzování zemního proudu místem poruchy neteče žádný proud ( $I_p = 0$ ). Soustava se dá s jedním spojením provozovat.

Zhášecí tlumivka musí být regulovatelná tak, aby se induktivní proud mohl měnit podle velikosti zemního proudu, který je v dané síti dán celkovou délkou galvanicky spojeného vedení sítě.



Obr. 1.3.3 Síť kompenzovaná a fázorový diagram napětí a proudu [3]



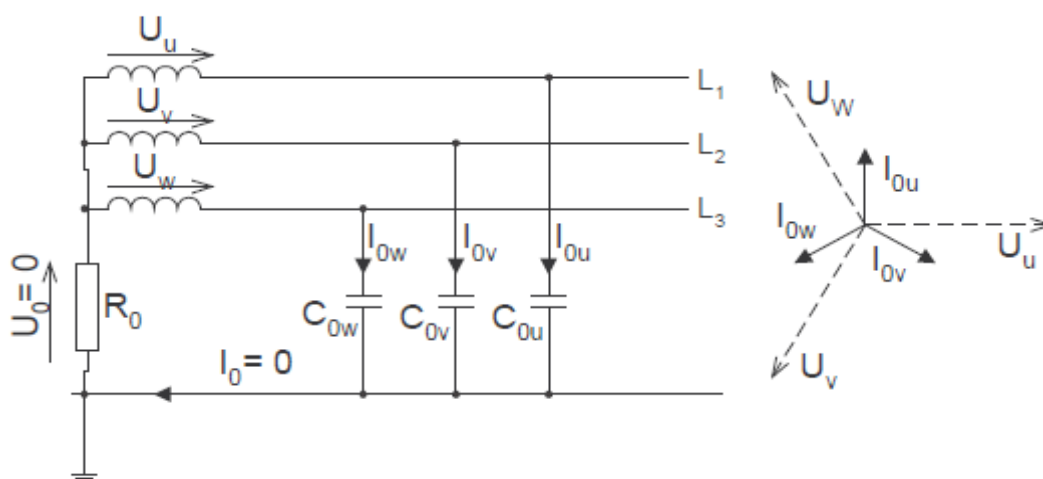
Obr. 1.3.4 Kompenzovaná síť při zemním spojení [3]



Využití těchto sítí je dáno velikostí jejich  $I_c$ : horní mezí je 100 A u venkovního vedení, 300 A u smíšených vedení a 450 A u vedení kabelových.

### Sítě uzemněné přes rezistenci

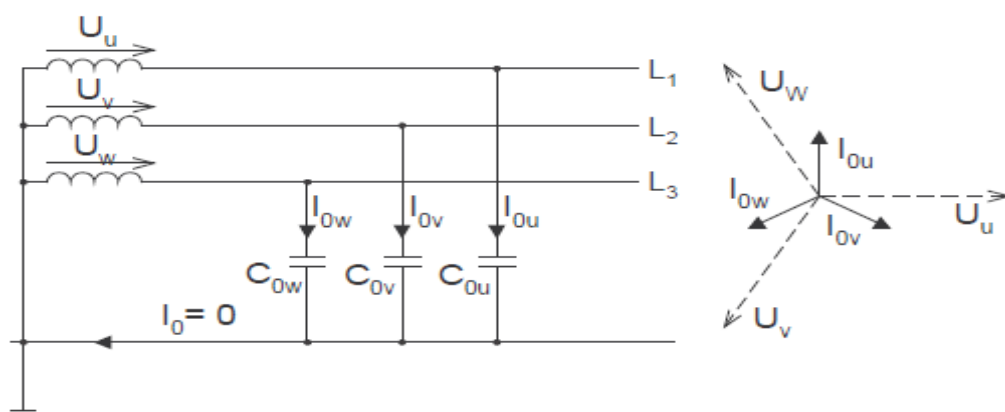
Uzel transformátoru je spojen se zemí přes rezistor (obr. 1.3.5). Tento rezistor má za úkol omezovat poruchový kapacitní proud při spojení jedné fáze se zemí. Používá se u kabelových vedení velkého rozsahu. Výhodou je omezení přepětí, nevýhodou je nutnost vypnutí postiženého vedení.



Obr. 1.3.5 Síť uzemněná přes rezistenci a fázorový diagram napětí a proudu [3]

### Sítě účinně uzemněné

Tyto sítě mají všechny nulové body transformátoru spojeny přímo se zemí nebo přes malou impedanci (tzv. Bezporuchový stav) (obr. 1.3.6). Napětí uzlů vinutí transformátorů zůstává vůči zemi skoro nulové a napětí zdravých fází zůstává vůči zemi na fázové hodnotě. Izolace těchto vedení se dimenzují na jmenovité fázové hodnoty napětí. Avšak při vzniku zemního spojení v této síti, musí být síť okamžitě vypnutá, protože zemní proud (jednofázový zkratový proud) dosahuje značných hodnot. V České republice provozujeme účinně uzemněné sítě vvn (110kV, 220kV, 400kV) a většinu sítí nn 400V.



Obr. 1.3.6 Účinně uzemněná síť a fázorový diagram napětí a proudu [3]

Tab. 1.2 Shrnutí řešení sítí jednotlivých napěťových úrovní [3]

	Napěťová úroveň	Jmenovité napětí	Uspořádání rozvodu	Spojení uzlu transformátoru
Nadřazená soustava	vvn	400 kV	Okružní	Účinně uzemněný
		220 kV		
Distribuční soustava	vn	110 kV	Průběžný, paprskový, dvojpaprskový (obvykle s možností spojení do okružního)	
		22 kV, 35 kV		Neúčinně uzemněný - většinou kompenzovaný
		10 kV		Neúčinně uzemněný, nebo izolovaný
		6 kV		
	nn	500 V	Průběžný, paprskový, mřížová síť	Izolovaný
		400/230 V		Účinně uzemněný s vyvedeným středním vodičem

## 1.4. Uspořádání rozvodu elektrické energie

Elektrický silnoprůdový rozvod představuje systém vodivých cest elektrické energie od místa výroby až k místu spotřeby. Tuto cestu tvoří jenom vodiče, které spojují daný zdroj se spotřebičem, ale i uzlová rozvodná zařízení, která obsahují spínací, jističí a měřicí přístroje a další přídatná zařízení.

Existují dva základní způsoby z hlediska uspořádání, kterými mohou být sítě provedeny [4]:

- otevřený rozvod - napájení spotřebičů je provedeno jedinou cestou (paprskový, průběžný)
- uzavřený rozvod – napájení spotřebičů lze zajistit ze dvou či více stran (okružní, mřížový)

*Soustava nadřazená 400kV a 220kV* je řešena okružním rozvodem, do kterého pracují tuzemské zdroje velkých výkonů.

*Distribuční soustava 110kV a vn* se provozuje jako paprskovitá případně průběžným rozvodem. Tato řešení umožňují řadu propojení do dvojpaprskového nebo okružního rozvodu.

*Distribuční sítě nn* jsou provozovány jako paprskovité popřípadě průběžným rozvodem, v městech se používají mřížové sítě.

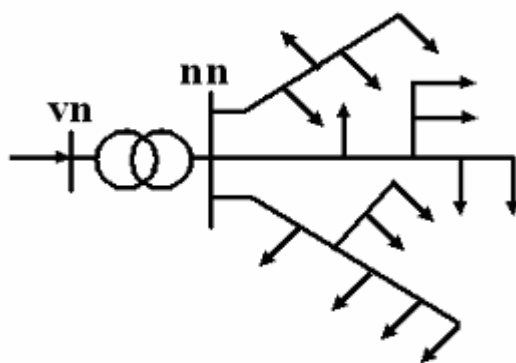
Výběr vhodného druhu rozvodu elektrické energie závisí na způsobu provozu řešené soustavy, jak z hlediska rozdělování výkonů, tak z hlediska bezpečnosti a hospodárnosti.

Základní druhy rozvodných sítí a jejich schémata [4]:

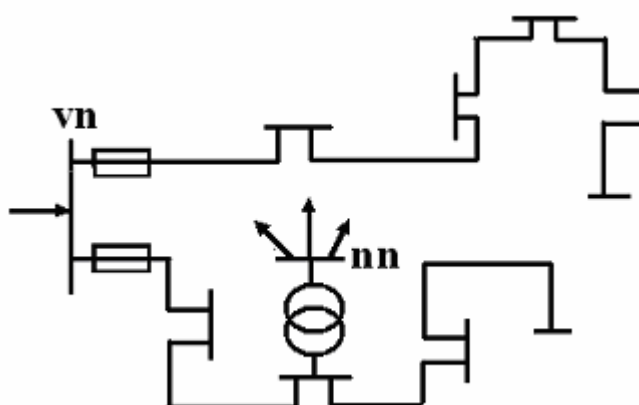
- paprsková síť
- průběžná síť
- okružní síť
- hřebenová síť
- mřížová síť

## Paprsková síť

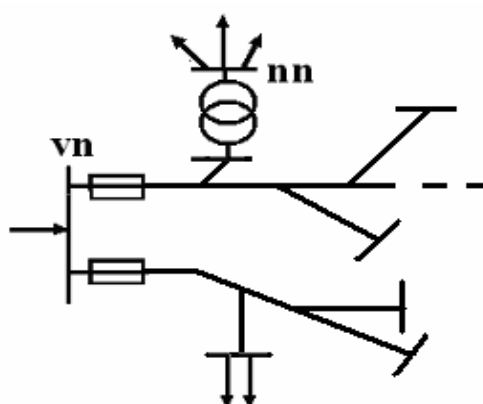
Paprskové sítě (obr. 1.4.1 a,b,c) jsou nejjednodušším a nejlevnějším druhem rozvod elektrické energie. Používá se jak v distribučním rozvodu nn vesnic a malých měst, tak i v menších průmyslových závodech, kde nejsou zvýšené nároky na provozní spolehlivost. Provozní spolehlivost je téměř jedinou nevýhodou tohoto rozvodu. Každá porucha na paprsku rozvodu znamená přerušení dodávky elektrické energie spotřebitelům, jelikož není zajištěno napájení z více stran. Každý vývod je samostatný a nelze je vzájemně spojovat.



Obr. 1.4.1 a) Paprsková síť nn



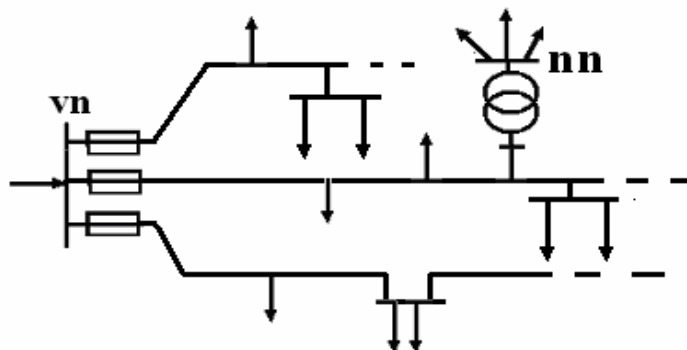
Obr. 1.4.1 b) Paprsková síť vn



Obr. 1.4.1 c) Paprsková síť vn – venkovní vedení (stromková)

## Průběžná síť

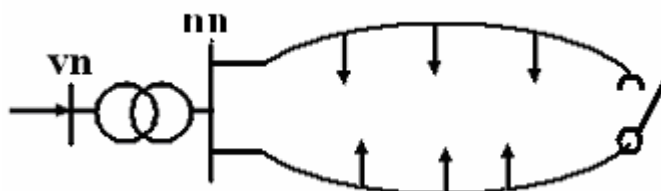
Vyznačuje se dlouhým průběžným vedením (obr. 1.4.2), z něhož jsou provedeny odbočky pro napájení spotřebičů či podružných rozvodnic. Protože jsou délky průběžných vedení velké, je velmi důležitá kontrola úbytku napětí na délce vedení. Provozní spolehlivost je stejná jako u paprskových sítí. Rozvod je typický pro osvětlování komunikací, napájení maloodběratelů na vesnicích nebo napájení větších průmyslových hal.



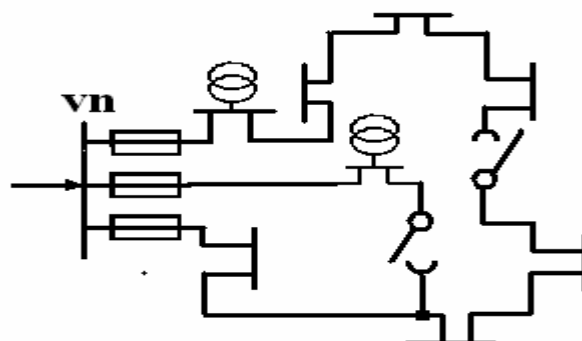
Obr. 1.4.2 Průběžná síť

## Okružní síť

Síť se provozuje rozepnutá (paprsková (obr.1.4.3 a,b)). Síť musí být provedena tak, aby se dala ve spínací stanici sepnout do okruhu. Síť okružní je dražší než paprsková, pro velkou délku, avšak je provozu jistější. Provoz rozepnutých sítí je přehlednější. Při poruše je napájení potřebitele umožněno z druhé strany, zvyšuje se tedy spolehlivost dodávky elektrické energie. Při vzniku poruchy v části okruhu s poškozená část odpojí a síť se provozuje jako dvě paprskové. Používá se i v průmyslových závodech.



Obr. 1.4.3. a) Okružní síť nn



Obr 1.4.3. b) Okružní síť vn

## **Hřebenová síť**

Je vytvořena jako rozvod několika paprsky, které jsou na konci navzájem propojené v místě spotřeby. Jednotlivé paprsky mohou mít odbočky pro jednotlivé napájení spotřebičů. Používá se ve větších průmyslových závodech a její vlastnosti jsou velmi podobné síti okružní.

## **Mřížová síť**

Je vytvořena dvěma napájecími místy s hlavními rozvaděči a hustější sítí vzájemně propojených podružných rozvaděčů. Rozvod je tedy napájen nejméně ze dvou či více směrů. Uzlové rozvaděče mohou propojovat více paprsků. Mřížový rozvod má pro svou variabilitu napájecích cest vysokou provozní spolehlivost, nevýhodou jsou velké pořizovací náklady a mnohdy nepřehlednost sítě. Mřížová síť je tvořena nejčastěji kabely stejného průřezu. Využívá se pro napájení velkých měst a rozsáhlých průmyslových podniků. Může být:

- zjednodušená – sepnutá okružní síť (vadný úsek se selektivně odpojí pojistkami, zbytek je v provozu)
- zlasická – napájení velkých měst a průmyslových podniků (napájena 3 až 4 napáječi)

## **Dvojpaprsková síť**

Je kombinací dvou paprskových rozvodů, kde je možnost vzájemného záskoku dvou napáječů. Podružné rozvaděče musí být rozpojeny. K propojení dojde jen v případě výpadku jednoho z napáječů. Je velmi výhodný pro zajištění napájení prvního stupně důležitosti odběrů (např. doly, vlastní spotřeba elektráren, průmyslové podniky s důležitými odběry).

Tyto druhy elektrických sítí jsou základními prvky silnoproudého rozvodu a rozvodných zařízení. Skutečný rozvod je proveden jako jeden z uvedených druhů nebo jejich kombinací.

## **1.5. Dimenzování sítí**

Mezi údaje, které jsou potřeba pro navrhování sítí, patří rozmístění souboru spotřebičů, znalost jejich charakteristických hodnot, rozmístění a výkony zdrojů, místa vhodná k propojení s přenosovou soustavou popřípadě se sousedící sítí. Podle těchto údajů se volí uspořádání sítě. Musí se také provádět kontrola správnosti volby průřezu vodičů podle kritérií [3,5]:

- jmenovité napětí
- dovolený úbytek napětí
- hospodárnost
- proudové zatížení
- odolnost vůči účinkům zkratových proudů
- mechanická odolnost
- bezpečnost zařízení a osob (správná funkce ochran)
- spolehlivost dodávky elektrické energie
- náročnost a hospodárnost oprav a údržby

## Jmenovité napětí

Z hospodářských a provozních hledisek jsou jmenovitá napětí sítí normalizovány a i jejich dovolené tolerance jsou normalizovány.

- druhy napětí v ČR
  - NN (nízké napětí 230V/400V)
  - VN (vysoké napětí 3kV, 6kV, 10kV, 22kV, 35kV)
  - VVN (velmi vysoké napětí 110kV, 220kV, 440kV)

Napětí, za normálních podmínek na svorkách, se nesmí lišit o více než  $\pm 10\%$  od jmenovité hodnoty napětí sítě. Volba napětí je také omezena velikostí napětí vedlejších sítí, zdrojů, hospodárnosti, rozlohou sítě a také problémy, které doprovázejí přenos elektrické energie (koróza, izolace, stabilita paralelního chodu). K posouzení použití vhodného napětí může sloužit maximální výkon souboru spotřebičů, které jsou zásobovány ze sítě (tab. 1.5.1).

Tab. 1.5.1 Orientační hodnoty max. výkonů souborů spotřebičů a napětí tomu odpovídající [5]

Maximální výkon souboru spotřebičů	Přiměřené napětí sítě
do 1 MW	230/400 V
do 10 MW	22 kV, 35 kV
do 60 MW	110 kV
nad 60 MW	220 kV, 400 kV

Kvalitní napětí lze dosáhnout vhodnou volbou průřezu vedení, převodů regulačních transformátorů, nastavením převodů distribučních transformátorů a použitím paralelní nebo sériové kompenzace. Napětí je jedna z veličin ES, kterou je potřeba za jejího provozu řídit podle okamžité situace.

## Dovolený úbytek napětí

Vlivem průchodu proudu dochází v rozvodu elektrické energie, jak venkovním tak i kabelovým vedením, k úbytku napětí na vedení a tím k poklesu napětí na spotřebiči. Tento pokles může negativně ovlivnit provozní vlastnosti spotřebiče (např. moment motoru) a proto jsou dovolené úbytky napětí limitovány a uvedeny v příslušných normách.

Napětí, za normálních podmínek na svorkách, se nesmí lišit o více než  $\pm 10\%$  od jmenovité hodnoty napětí sítě. Odchylka napětí na svorkách spotřebičů od jmenovité hodnoty a její kolísání je kvalitním ukazatelem dodávky. Kabely a vodiče elektrického vedení musí být dimenzovány tak, aby při zatížení nezpůsobily nedovolený pokles napětí na svorkách spotřebičů.

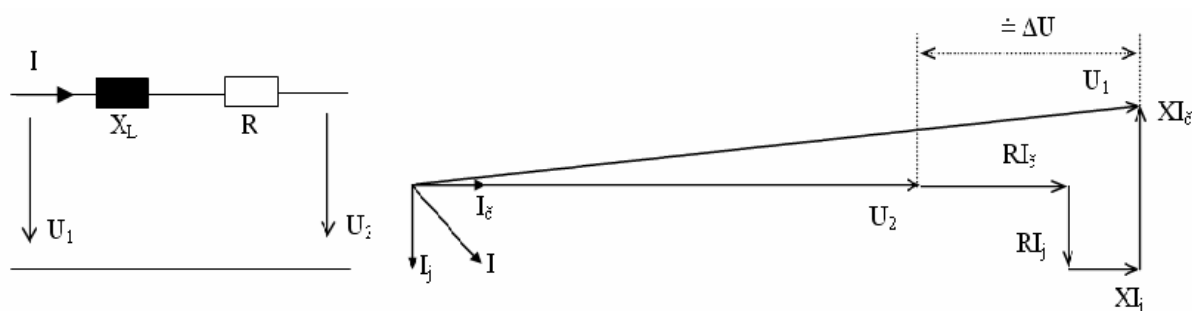
Maximální kolísání napětí pro spotřebiče, motorické tak odporové, je dovoleno v rozmezí  $\pm 5\%$  od jmenovité hodnoty napětí. Tolerance jiných spotřebičů se udává v příslušné normě.

Hodnota úbytku napětí je rovna rozdílu hodnoty napětí na začátku vedení a hodnoty napětí na konci vedení  $\Delta U = U_1 - U_2$ .

Tab. 1.5.2 Dovolené odchylky napětí podle norem [7]

hladina napětí	dovolené odchylky	norma
NN	$\pm 10\%$	ČSN 33 0121
VN	$\pm 10\%$	ČSN EN 50 160 (ČSN 33 0122)
110 kV	$\pm 10\%$	ČSN 33 0120
220 kV	$\pm 10\%$	
400 kV	$\pm 5\%$	

Ve střídavém rozvodu dochází k úbytku napětí jak na činném odporu vedení, tak na jeho reaktanci. Činný odpor vedení můžeme ovlivnit průřezem vodiče. Čím silnější vodič, tím menší odpor, reaktance je ale dána prostorovým rozložením vodičů a délkou vedení ani průřezem vodiče ji neovlivníme.



Obr. 1.5.2 Činný odpor a reaktance vedení, fázorový diagram úbytku napětí [7]

Výpočet úbytku napětí je možno provést při znalosti výpočtového proudu daných spotřebičů a příslušné konfigurace sítě.

## Hospodárnost

Vodiče musíme dimenzovat tak, aby celkové investiční a provozní náklady na vedení byly co nejmenší. Vodiče musím zatěžovat hospodárným proudem. Čím větší je průřez vodičů, tím je vedení dražší, ale má menší odpor a ztráty za provozu. Účelem je nalézt hospodárný průřez vodiče jemuž odpovídá minimum celkových nákladů, při předpokládané životnosti a zatížení.

Hospodárný průřez určíme ze vztahu (dle ČSN 34 1610) [3]:

$$S = k \cdot I_z \cdot \sqrt{T} \quad (\text{mm}^2) \quad (1.1)$$

$$T = t \cdot \left( 0,2 \cdot \frac{A}{P_p \cdot t} + 0,8 \cdot \frac{A^2}{P_p^2 \cdot t^2} \right) \quad (\text{s}) \quad \text{pro } T > 1000 \text{ hodin} \quad (1.2)$$

## **Proudové zatížení (oteplení)**

Z bezpečnostních důvodů nesmí proudové zatížení být větší než dovolená teplota vodiče. Vysoké teploty způsobují změnu mechanických vlastností a izolace vodičů. Vlivem teploty rychleji stárne a hrozí poškození izolace. Provozní teplota i přípustné zatížení vodiče v ustáleném stavu závisí na [3]:

- typu vodiče nebo kabelu
- charakteristice provozu
- charakteristice prostředí
- charakteristice uložení
- charakteristice zátěže

Dimenzování průřezu vodiče na dovolený proud vychází z dovoleného oteplení vodiče. Průchodem elektrického proudu vodičem dochází ke ztrátám a tím i k vývinu tepla [7].

$$\Delta P = R \cdot I^2 = \frac{\Delta \vartheta}{T} \quad (1.3)$$

Teplota vodiče nebo jádra nesmí překročit určitou maximální hodnotu  $\vartheta_M$ , které závisí na materiálu izolace na spojovacím materiálu vodiče atd.

Oteplení vodiče nesmí přesáhnout hodnotu:

$$\Delta \vartheta_M = \vartheta_M - \vartheta_0 \quad (1.4)$$

Maximální hodnota proudu, kterým lze vodič zatěžovat:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta \vartheta_M}{R \cdot T}} \quad (1.5)$$

## **Odolnost vůči účinkům zkratových proudů**

Při provozu vedení může dojít k průrazu izolace, pádu vedení, pádu větve stromu, a tím ke vzniku zkratu. I když je zkrat vypnut ochranným prvkem, protéká po určitou dobu (setiny sekund) obvodem zkratový proud, který může být až několikanásobně větší než proud jmenovitý (7krát i více). Zkratový proud způsobuje tepelné a mechanické namáhání vedení. Vedení proto musí odolat těmto tepelným i dynamickým účinkům zkratového proudu.

Při návrhu vedení na účinky zkratu, je důležitou veličinou zkratový výkon nebo počáteční rázový zkratový proud. Určí se výpočtem nebo z dokumentace rozvodného závodu.

Dynamické síly vznikají elektromagnetickým působením proudu v sousedních vodičích. Nárazový zkratový proud ( $I_{KM}$ ) způsobuje největší silový ráz. Silové účinky jsou nebezpečné tam, kde jsou vodiče pevně uloženy (přípojnice) nebo připevněny na izolátorech.

Síla, která působí mezi dvěma rovnoběžnými vodiči (dle ČSN EN 60 865-1) [7]:

$$F_K = k_1 \cdot k_2 \cdot 2 \cdot \frac{I_{KM}^2}{a} \cdot 10^{-7} \quad (\text{N} \cdot \text{m}^{-1}) \quad (1.6)$$



Tepelné účinky zkratových proudů působí nepříznivě hlavně na izolaci vodičů. Zkratový proud během své krátké doby působení, způsobí velké oteplení vodiče. Toto oteplení se nestačí odvádět do okolí a vodič se nepříznivě zahřívá a může dojít k propálení izolace a tím ke vzniku zkratu. Může nastat i požár na zařízení nebo v jeho okolí. Tepelné účinky zkratového proudu posuzujeme podle tzv. ekvivalentního oteplovacího proudu ( $I_{KE}$ ). Je to fiktivní hodnota střídavého proudu stále velikosti, která za dobu působení zkratu vyvine stejné tepelné účinky jako skutečný zkratový proud.

Minimální průřez vodiče s ohledem na tepelné účinky zkratového proudu (dle ČSN EN 60 865-1) [7]:

$$S_{MIN} = \frac{I_{KE} \cdot \sqrt{t_K}}{K} \quad (\text{mm}^2) \quad (1.7)$$

Čím je větší průřez vodiče, tím menší má odpor a vlivem zkratového proudu se v něm vyvine menší množství tepla, tím pádem se méně zahřeje.

Normy, které se zabývají dimenzováním vodičů z hlediska zkratových proudů [6]:

- ČSN EN 60865-1 (33 3040) – Výpočet účinků zkratových proudů, definice a výpočetní metody.
- ČSN 38 1754 – Dimenzování elektrických zařízení dle účinku zkratových proudů.

**Normalizovaná řada průřezu vodiče v ( $\text{mm}^2$ ):**

2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 210; 240; 300; 350; 450;

## **Bezpečnost provozu**

Bezpečnost provozu je hlavním kritériem pro dimenzování vodičů. Jedná se o správné působení ochrany před nebezpečným dotykem (dle ČSN 332000-4-41).

## **Mechanická odolnost**

Elektrické vedení se nejprve navrhuje z hlediska elektrického (napětí, proudové zatížení, úbytky napětí, ztráty, kompenzace účinku atd.). Po elektrickém návrhu se provádí návrh elektrického vedení po konstrukční a mechanické stránce.

U kabelových vedení je konstrukční a mechanický návrh jednodušší (výjimku tvoří důlní rozvody apod.).

U elektrického vedení venkovního je návrh složitější. Musí se brát na zřetel tyto podmínky:

- klimatické podmínky (teplota, vítr, námraza, bouřky, a kombinace)
- druhy vodičů pro elektrické venkovní vedení (materiály, konstrukce, vzdálenosti vodičů, spojování vodičů)
- výpočet závěsného vodiče (průhybová křivka zavěšeného vodiče, průhyb vodiče, délka vodiče mezi závěsnými body, namáhání vodičů a závěsů, stavová rovnice vodiče, kritické rozpětí a teplota)
- stožáry pro venkovní vedení (druhy stožárů, zatížení stožárů, dřevěné, betonové, ocelové stožáry, základy stožárů)
- izolátory a armatury pro venkovní vedení
- označování venkovního vedení a silová elektrická vedení kabelová

## 2. Údržba vedení 110kV

Revize elektrických zařízení (současně i revize všech vyhrazených technických zařízení) představují důležitou a závažnou součást hlavních aktivit rozvodných energetických společností, jejichž základním posláním je zabezpečování nákupu, distribuce, prodeje elektřiny a poskytování souvisejících služeb zákazníkům na vymezeném území.

Vyhláška č.20/1979 Sb. i vyhláška ČÚBP č.48/1982 Sb. v platném znění, stanovují povinnost organizacím provozujícím elektrické zařízení, zajistit v rámci preventivní údržby, vykonávání předepsaných kontrol, zkoušek, prohlídek a revizí pro zajištění bezpečnosti a provozuschopnosti zařízení [8,9].

### 2.1. Základní pojmy

- Řád preventivní údržby

Předpis provozovatele elektrických zařízení pro provádění pravidelných kontrol - prohlídek, diagnostiky, údržby a revizí, kterými se zajišťuje spolehlivý technický stav a bezpečnost těchto zařízení.

Řád preventivní údržby obsahuje lhůty a způsob provádění kontrol a údržby.

- preventivní údržba

Kombinace všech technických a administrativních činností zaměřených na udržení provozuschopného a bezpečného stavu elektrického zařízení prováděných v souladu se stanoveným plánem.

- prohlídka elektrického zařízení (pochůzková kontrola)

Činnost prováděná na elektrickém zařízení zpravidla bez nutnosti vypínání, při které se zjišťuje technický stav provozovaného zařízení a jeho okolí včetně dodržení ochranného pásma (vizuální, sluchové periodické vyšetření elektrického zařízení) pro zjištění jeho stavu dle vnějšího vzhledu a dodržení bezpečných vzdáleností.

Výsledky prohlídky jsou podkladem pro zkoušení, měření a následné odstraňování závad.

- údržba

Souhrn činností zaměřených na udržení provozuschopnosti a bezpečnosti elektrického zařízení. Dle charakteru zařízení se provádí:

- a) na zařízení mimo provoz (bez napětí)
- b) na zařízení za provozu (pod napětím)

Zjištěné závady menšího rozsahu, které nevyžadují složitá organizační a technická opatření nebo dodávky specifického materiálu, jsou odstraněny současně při realizaci daného pracovního postupu ŘPÚ.

Při provádění běžné údržby na zařízení mimo provoz je doporučeno současně dle technických a časových možností odstranit závady zjištěné při úkonech prohlídky a diagnostických měření.

- zkoušení

Činnost prováděná na elektrickém zařízení, kterou se má prokázat funkčnost zařízení.

- měření

Zjišťování hodnot nutných pro posouzení stavu zařízení pomocí vhodných měřících přístrojů.

- diagnostické zkoušky - diagnostika

Porovnání parametrů zařízení s referenčními hodnotami měření a zkouškami pro ověření stavu jejich bezpečnosti a provozuschopnosti.

Dle charakteru diagnostických zkoušek v návaznosti na přístrojové vybavení měřící a diagnostickou technikou se tyto provádí:

- a) na zařízení za provozu (pod napětím)
- b) na zařízení mimo provoz (bez napětí)

- funkční zkoušky

Funkční zkoušky – ověření funkčnosti zařízení.

- práce pod napětím

Jedná se o vybrané práce, které jsou prováděny podle vypracovaných a schválených pracovních postupů v oblasti údržby, oprav a montáže rozvodného zařízení. Pracovní postupy pro provádění práce pod napětím na elektrických zařízeních, jsou uvedeny v příslušných metodikách dodavatelů prací.

- elektrické vedení

Uspořádání vodičů, izolačních materiálů a konstrukcí pro přenos elektrické energie mezi dvěma body elektrické sítě.

- venkovní elektrické vedení

Elektrické vedení, jehož vodiče jsou vedeny nad zemí obvykle pomocí izolátorů nebo speciálních svorek a vhodných podpěrných bodů.

- revize elektrických zařízení

Činnost prováděná na elektrickém zařízení, při které se prohlídkou, měřením a zkoušením zjišťuje stav elektrického zařízení z hlediska jeho bezpečnosti v souladu s ustanoveními uvedenými v ČSN 33 1500. Revize elektrického zařízení se zpracováním zprávy o revizi (výchozí a pravidelné) provádí revizní technik s elektrotechnickou kvalifikací dle § 9 vyhlášky č. 50/78 Sb.

- bezpečnost elektrických zařízení

Schopnost elektrického zařízení neohrožovat lidské zdraví, užitková zvířata nebo majetek a okolní prostředí za stanovených podmínek provozu elektrickým proudem nebo napětím nebo jevy vyvolanými účinky elektřiny. Tento pojem zahrnuje i protipožární bezpečnost a hlediska možného vzniku požáru působením proudu, napětí nebo jevy vyvolanými účinky elektřiny.

## 2.2. Řád preventivní údržby

*Řád preventivní údržby* (ŘPÚ) je definován jako předpis organizace pro provádění preventivní údržby elektrického zařízení, obsahující způsob, lhůty a další nezbytné náležitosti zabezpečující provádění vlastní preventivní údržby. Preventivní údržbou se pak rozumí souhrn činností zaměřený na udržení provozu schopného a bezpečného stavu elektrického zařízení.

Je průběžně zpracováván na základě legislativních předpisů, technických norem, předpisů výrobců zařízení, praktických zkušeností s provozem energetických zařízení a posouzení optimální varianty údržby.

Z hlediska zákona č. 458/2000 Sb. je držitel licence pro distribuci elektřiny povinen zajistit, aby práce spojené s výkonem autorizované činnosti vyžadující odbornou způsobilost prováděly pouze osoby s odbornou způsobilostí dle Vyhlášky ČÚBP číslo 50/1978 Sb.

V distribuční a přenosové soustavě, dodavatele elektrické energie, se nemusí provádět pravidelné revize, pokud bezpečnost elektrického zařízení je zajišťována pravidelnými kontrolami a údržbou podle schváleného řádu preventivní údržby.

ŘPÚ obsahuje:

- úvodní ustanovení
- základní pojmy a zkratky
- pracovní postupy (seznamy)
- záznamy o provedených kontrolách
- vazby mezi dokumenty
- dokumentační výstupy
- závěrečná a přechodná ustanovení
- přílohy

Pro každý druh zařízení přenosové a distribuční soustavy je stanovován rozsah preventivní údržby v základním členění:

- prohlídka - pohledová kontrola stavu zařízení a jeho okolí (včetně ochranného pásma) během provozu zařízení
- diagnostické zkoušky - porovnání parametrů zařízení měřením a zkouškami pro ověření stavu bezpečnosti a provozuschopnosti zařízení
- běžná údržba - úkony zajišťující pro daný druh zařízení bezpečný a provozuschopný stav  
Doporučuje se v rámci plánovaného úkonu údržby odstranit závady zjištěné při úkonech prohlídky a diagnostických měření

V ŘPÚ jsou stanoveny lhůty vedené snahou pro objektivní četnosti kontrol a úkonů ve vazbě na čas potřebný k odstranění zjištěných nedostatků, ve vazbě na složitost a rizikovost zařízení. Pracovní postupy a lhůty předepsané v řádu preventivní údržby jsou závazné a maximální, lhůty lze prodloužit výjimečně, především na základě schválených metod údržby (za podmínky dodržení platné legislativy).

Při stanovení lhůt se zvažují:

- provozní zkušenosti s jednotlivými druhy zařízení dle jejich konstrukčního a přístrojového vybavení
- technické podmínky příslušného výrobce zařízení z hlediska lhůt stanovených pro údržbu
- význam příslušného zařízení na provozní spolehlivost (úroveň smluvně stanovené spolehlivosti dodávky elektřiny)
- vyhodnocení působení vnějších vlivů v příslušné lokalitě, kde je zařízení umístěno

O výsledcích pravidelných kontrol se musí provádět písemné záznamy potvrzené podpisem pověřeného pracovníka a záznam vybraných údajů v elektronické podobě.

Záznamy musí obsahovat stručný soupis provedených úkonů včetně výsledků měření a zkoušek a závěrečné stanovisko, zda elektrické zařízení je provozuschopné a bezpečné, dále jsou evidovány zjištěné závady, kdo činnost provedl a vyhodnotil. U zařízení podléhajících kontrolní činnosti kratší jednoho roku je možné zaznamenat předepsanou kontrolní činnost do speciálních dokumentů - např. Provozního deníku.

Pro svoji potřebu mají rozvodné společnosti zpracovány tiskopisy záznamů pro jednotlivé druhy zařízení, které administrativní záležitosti zjednodušují.

Typy záznamů:

- záznam o provedené kontrole dle ŘPÚ ČEZ Distribuce, a.s.
- zpráva o revizi elektrických zařízení
- zpráva o revizi tlakového zařízení
- zpráva o revizi plynového zařízení

*Záznam o provedené kontrole dle ŘPÚ ČEZ Distribuce, a.s.:*

Jedná se o písemný doklad o provedení preventivní údržby (prohlídky, údržby nebo diagnostiky) a jejím výsledku. Obsahuje popis současného stavu zařízení z hlediska jeho provozuschopnosti a bezpečnosti, dále jsou v něm evidovány zjištěné závady, kdo činnost provedl a vyhodnotil. Záznam se tiskne před vlastní kontrolou zařízení a pracovník provádějící kontrolu má Záznam s sebou na pracovišti.

Záznamy musí obsahovat:

- určení druhu kontroly
- vymezení rozsahu zařízení, na kterém byla kontrola provedena (region, označení rozvodny, vedení, čísla pole, název vývodu, typu přístroje a jeho sériového čísla, apod.)
- datum zahájení a ukončení kontroly
- druh provedených úkonů (prohlídka, měření, zkoušky)
- naměřené hodnoty a výsledky zkoušek včetně popisu použitých metod a použitých přístrojů – pokud neexistuje jiná forma diagnostického protokolu
- popis všech provedených preventivních zásahů (včetně veškerých manipulací s SF<sub>6</sub> a olejem, v případě výměny oleje se musí také uvést typ vyměněného oleje). Popis může být jejich výčtem nebo pouze odkazem na příslušné pracovní postupy
- označení slovem „ano“ do sloupce Provedeno u všech činností, které provedeny byly, pokud záznam sloupec obsahuje

- označení slovem „ne“ do sloupce Provedeno u všech činností, které provedeny nebyly, pokud záznam tento sloupec obsahuje
- soupis již evidovaných neodstraněných závad
- soupis nově zjištěných závad
- hodnocení stavu zařízení, pokud toto hodnocení záznam obsahuje
- závěrečné prohlášení s uvedením, zda zařízení je nebo není schopno bezpečného provozu
- jméno, datum a podpis pracovníka odpovědného za provedení kontroly na zařízení
- jméno, datum a podpis pracovníka odpovědného za vyhodnocení a ukončení kontroly v Technickém informačním systému uzavření hlášení)

#### *Zpráva o pravidelné revizi elektrických zařízení:*

Jedná se o písemný a elektronický doklad o výsledku revize, z něhož je patrný stav elektrického zařízení z hlediska bezpečnosti v době vykonávání revize.

Zpráva o revizi elektrických zařízení musí obsahovat:

- určení druhu revize
- vymezení rozsahu revidovaného elektrického zařízení (region, označení rozvodny, vedení, čísla pole, názvu vývodu, typu přístroje a jeho sériového čísla, apod.)
- soupis použitých přístrojů
- soupis provedených úkonů (prohlídka, měření, zkoušky)
- soupis zjištěných závad
- datum zahájení a ukončení revize, vypracování a předání zprávy o revizi
- jméno a podpis revizního technika s jeho evidenčním číslem
- naměřené hodnoty

Zpráva o revizi musí být přístupná orgánům státního odborného dozoru se všemi jejími písemnými podklady.

## **2.3. Pracovní postupy**

Součástí Řádu preventivní údržby jsou pracovní postupy. Na konkrétním zařízení se ve většině případů provádí i více druhů pravidelných kontrol a údržby v různých cyklických intervalech. Pravidelné kontroly a údržby provádí ve stanovených lhůtách pouze pracovníci s příslušnou elektrotechnickou kvalifikací ve smyslu vyhlášky ČÚBP číslo 50/78 Sb. pověřeni touto činností. Dle ŘPÚ ČEZ Distribuce a.s se vykonávají tyto pracovní postupy.

Tab. 2.3 Pracovní postupy – venkovní vedení VVN

<b>Pracovní postup</b>	<b>Lhůty (měsíc)</b>	<b>Číslo pracovního postupu – ID</b>
Venkovní vedení vvn – prohlídka	12	601
Venkovní vedení vvn – lezecká údržba za provozu	96	602
Venkovní vedení vvn – měření uzemnění	48	603
Venkovní vedení vvn geologicky nestabilní podloží – lezecká údržba ze provozu	48	604
Venkovní vedení vvn – diagnostika - termovize	48	605

### 2.3.1. Seznam pracovních postupů pro práci na VVN

ID 601:

- Kontrola dodržování ochranného pásma

Vzdálenosti vodičů vedení od dřevin a lesních porostů (ochranné pásmo) podle §46 Energetického zákona:

- U vedení 110 kV je 15 metrů
- U závěsných kabelových vedení 110 kV je 2 metry
- kontrola stavu izolátorových řetězců, armatur, tlumičů vibrací, distančních rozpěrek
- kontrola stavu lesních průseků a jednotlivých dřevin v ochranném pásmu
- kontrola fázových vodičů, zemních lan, spojů, příp. závěsného optokabelu
- kontrola optických spojovacích krabic, tlumičů vibrací
- kontrola celkového stavu stožárů včetně konstrukcí a jeho stability
- u stožárů z Atmofixu věnovat mimořádnou pozornost korodování úhelníků a zejména šroubových spojů a místům vetknutí do betonových základů
- kontrola celistvosti základu a stavu okolních dřevin
- kontrola stavu výstražných tabulek, číslování stožárů a značení systémů
- kontrola případného poškození nebo vychýlení podpěrných bodů z trasy
- kontrola připojených uzemnění a stavu jeho uložení, svorek

ID 602:

- kontrola stavu ocelové konstrukce a základu
- kontrola pevnosti spojů, zejména uvolnění nebo deformace diagonál
- kontrola horních prutů konzol a jejich styků se svislou konstrukcí
- kontrola šroubových spojů, svárů - zda se neobjevují trhliny
- kontrola vzdálenosti vodičů od konstrukcí, nejmenší vzdálenosti vodičů nad terénem, vzdálenosti od křižujících zařízení a objektů (včetně stromů) v ochranném pásmu vedení.
- kontrola, obnova barevného označení systémů
- kontrola kritických míst podléhajících zvýšené korozi, zejména vetknutí konstrukce do betonu
- u stožárů z Atmofixu věnovat mimořádnou pozornost korodování úhelníků a zejména šroubových spojů a místům vetknutí do betonových základů
- kontrola stavu povrchové ochrany stožárů, armatur
- kontrola stavu vodičů a zemního lana
- kontrola upevnění armatur, šroubových spojek, kotevních a nosných armatur
- kontrola izolátorových závěsů, svorek zemního lana

ID 603:

- měření uzemnění stožárů a rezistivity půdy ve smyslu platné ČSN

ID 604:

- kontrola kritických míst podléhajících zvýšené korozi, zejména vetknutí konstrukce do betonu
- kontrola stavu povrchové ochrany stožárů, armatur
- kontrola upevnění armatur, šroubových spojek, kotevních a nosných armatur

- kontrola horních prutů konzol a jejich styků se svislou konstrukcí
- kontrola stavu ocelové konstrukce a základu
- kontrola pevnosti spojů, zejména uvolnění nebo deformace diagonál
- kontrola šroubových spojů, svárů - zda se neobjevují trhliny
- u stožárů z Atmofixu věnovat mimořádnou pozornost korodování úhelníků a zejména šroubových spojů a místům vetknutí do betonových základů
- kontrola stavu vodičů a zemního lana
- kontrola izolátorových závěsů, svorek zemního lana
- kontrola vzdálenosti vodičů od konstrukcí, nejmenší vzdálenosti vodičů nad terénem, vzdálenosti od křižujících zařízení a objektů (včetně stromů) v ochranném pásmu vedení
- kontrola, obnova barevného označení systémů

ID 605:

- měření oteplení proudových spojů a vybavení vedení termovizní

Doporučená lhůta pro aktualizaci ŘPÚ je 5 let.

## 2.4. Termovizní Diagnostika

Pro zpracování výsledků měření je použita metodika všeobecně používaná energetickými podniky v ČR. Měření oteplení spojových prvků a zařízení je doporučeno provádět při proudovém zatížení minimálně 50% In a rychlosti větru  $< 4$  m/s. Před vlastním měřením má být dané zařízení minimálně 30 minut zatíženo příslušným proudem. Při nedodržení těchto podmínek je výsledné vyhodnocení zatíženo určitou chybou. Proudové spoje, které jsou v pořádku, nemají být teplejší než vodič, na který jsou připojeny. Pro možnost srovnání jednotlivých měření jsou skutečně naměřené hodnoty přepočteny pro případ 100% zatížení příslušného obvodu a nulovou rychlost větru.

Z důvodu označení naléhavosti opravy jsou pak tyto závady zařazeny do 4 stupňů.

<b>I. stupeň</b>	<b>0°C</b>	<b><math>&lt; T_t &lt; 10^\circ\text{C}</math></b>
<b>II. stupeň</b>	<b>10°C</b>	<b><math>&lt; T_t &lt; 35^\circ\text{C}</math></b>
<b>III. stupeň</b>	<b>35°C</b>	<b><math>&lt; T_t &lt; 100^\circ\text{C}</math></b>
<b>IV. stupeň</b>	<b>nad 100°C</b>	

Doporučená opatření k těmto stupňům naléhavosti jsou v tabulce 2.4.

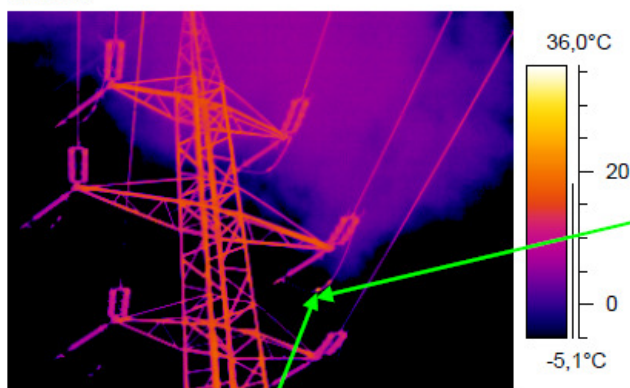


Tabulka 2.4.1 Doporučená opatření

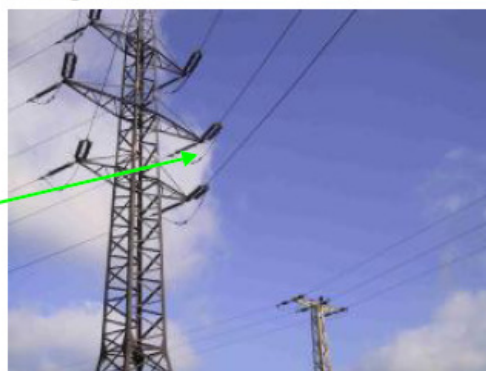
stupeň klasifikace	opatření
<b>I.</b>	žádné opatření
<b>II.</b>	opravit při plánované preventivní údržbě
<b>III.</b>	Opravit při plánované provozní přestávce –nejpozději do 1 měsíce
<b>IV.</b>	Opravit co nejdříve dle provozních možností a očekávaného proudového zatížení s přihlédnutím na skutečné změřené oteplení

Následující obrázky z termovizní diagnostiky obsahují termogramy a popis tepelných závad, které byly nalezeny při kontrole zařízení. Místa s indikovanou závadou jsou vyznačena v termogramu a jejich teplota je zaznamenána v tabulce. Hodnoty oteplení ostatních měřených míst vedení (neoznačených nebo nezobrazených) odpovídají 1.stupni klasifikace závažnosti.

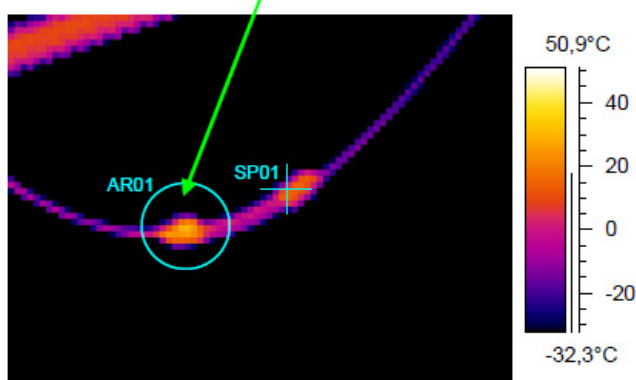
Obr. 1



Fotografie



Obr. 2



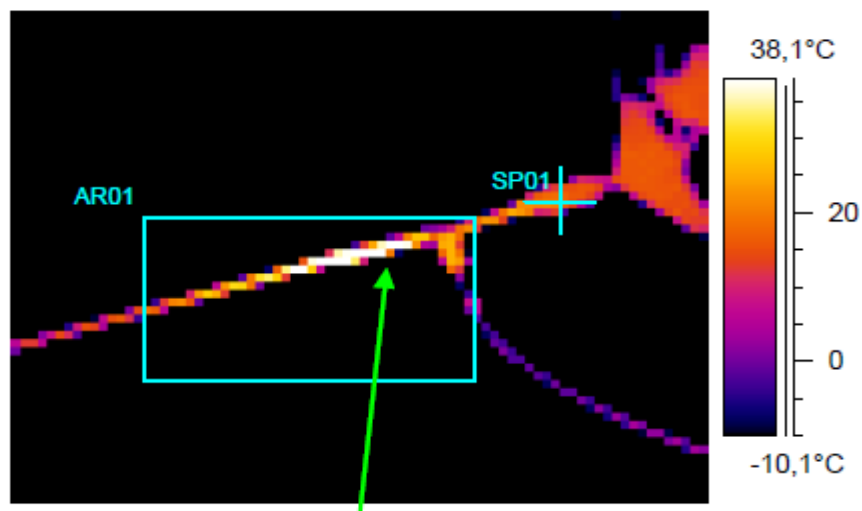
Obr. 2.4.1 Obrázky z termokamery a fotoaparátu

Tabulky 2.4.2 Údaje o zařízení a měření

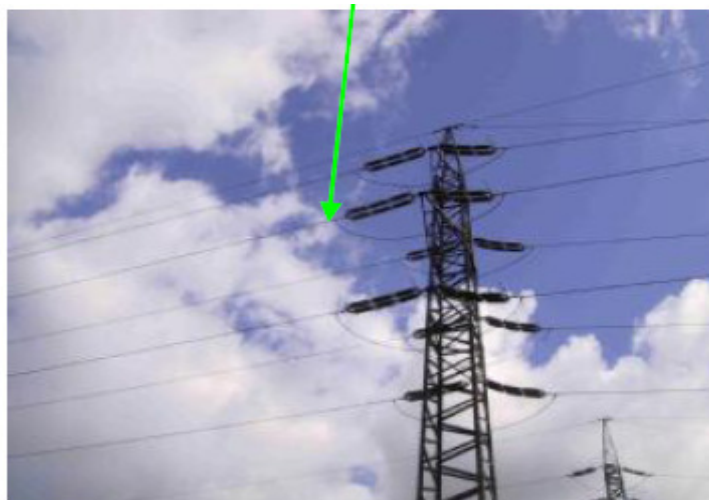
Údaje o zařízení	
Vedení VVN č.	554
Stožár č.	17 u Lazniček
Zařízení	Vodič
Vlevo směr	R Hodolany
Vpravo směr	R Prosenice
Prvek	Svorka přeponky
Fáze	(L1,) L2, (L3)
Jmenovitý proud	426 A
Proud v době měření	170 A
Přepočtené oteplení	82 °C
Poškození	Vyhřátý spoj
Stupeň poškození	3

Údaje o měření	
Datum měření	28.8.2001
Počasí	Polojasno, váněk
Teplota vzduchu	17,0°C
Číslo poruchy	Teplota
AR01	30,0°C
Teplota srovnávací	
SP01	15,9°C

Obr. 1



Fotografie



Obr. 2.4.2 Obrázek z termokamery a fotoaparátu

Údaje o zařízení		Údaje o měření	
Vedení VVN č.	553	Datum měření	28.8.2001
Stožár č.	1 u R Prosenice	Počasí	Polojasno. vánek
Zařízení	Vodič	Teplota vzduchu	17,0°C
Vlevo směr	R Hodolany	Číslo poruchy	Teplota
Vpravo směr	R Prosenice	AR01	52,8°C
Prvek	Svorka kotevní	Teplota srovnávací	
Fáze	(L1,) L2, (L3)	SP01	17,3°C
Jmenovitý proud	426 A		
Proud v době měření	170 A		
Přepočtené oteplení	225 °C		
Poškození	Vyhrátý spoj		
Stupeň poškození	4		

Tabulky 2.4.3 Údaje o zařízení a měření

**Výsledky a hodnocení:**

Zpráva termovizního měření obsahuje termogramy a popis jednotlivých tepelných závad, které by měly být zkontrolovány a odstraněny.

**Souhrnná tabulka:**

číslo strany	č. vedení VVN	prvek	stupeň	datum opravy
xxx	554	svorka přeponky	3	xxx
xxx	553	svorka kotevní	4	xxx

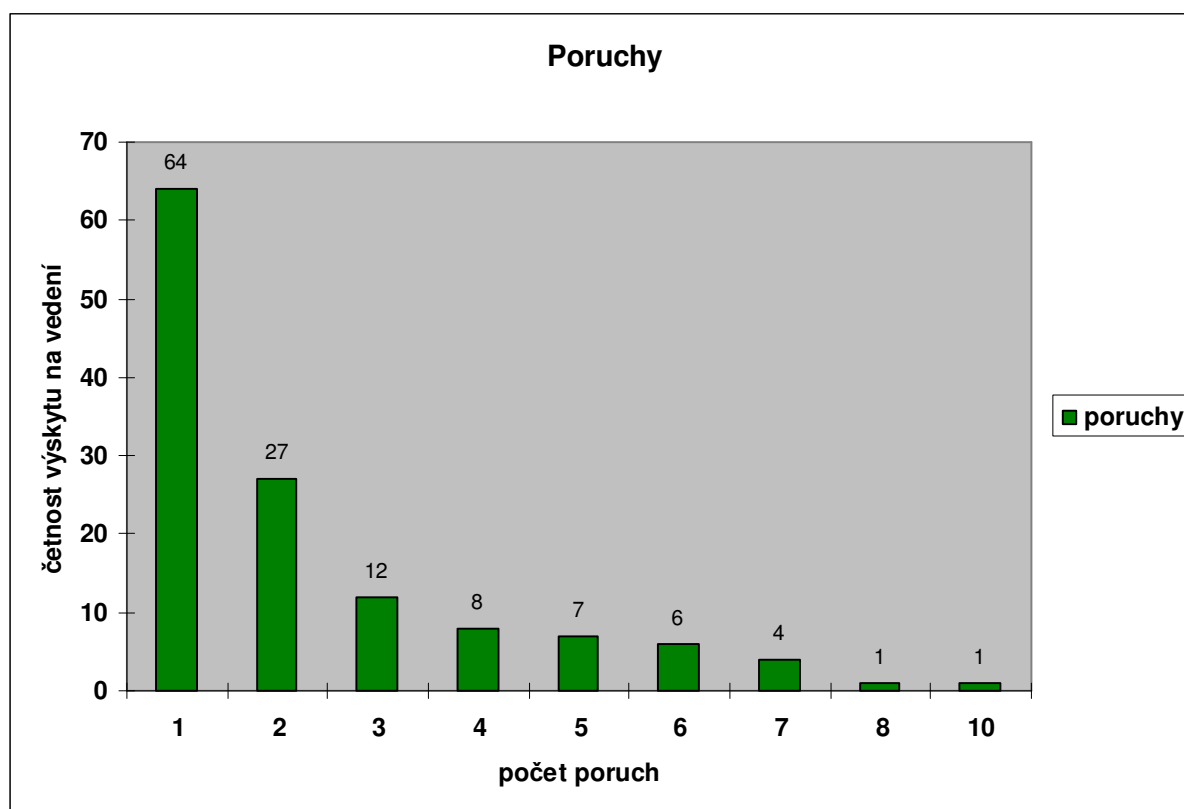
### 3. Analýza databáze poruch na vedení 110kV

Analýzu jsem provedl z databáze závad a poruch na úsecích vedení 110kV – oblast Morava [10].

#### 3.1. Příčiny poruch

Poruchy na úsecích vedení 110kV jsem zpracoval z databáze poruch a závad linek 110kV oblast Morava. Poruchy jsem vyhodnocoval za sledované období od 28.2.2000 do 25.10.2009, tedy 117 měsíců. Za období 117 měsíců sledování bylo na 130 úsecích vedení 110kV oblast Morava zaznamenáno celkem 303 poruch.

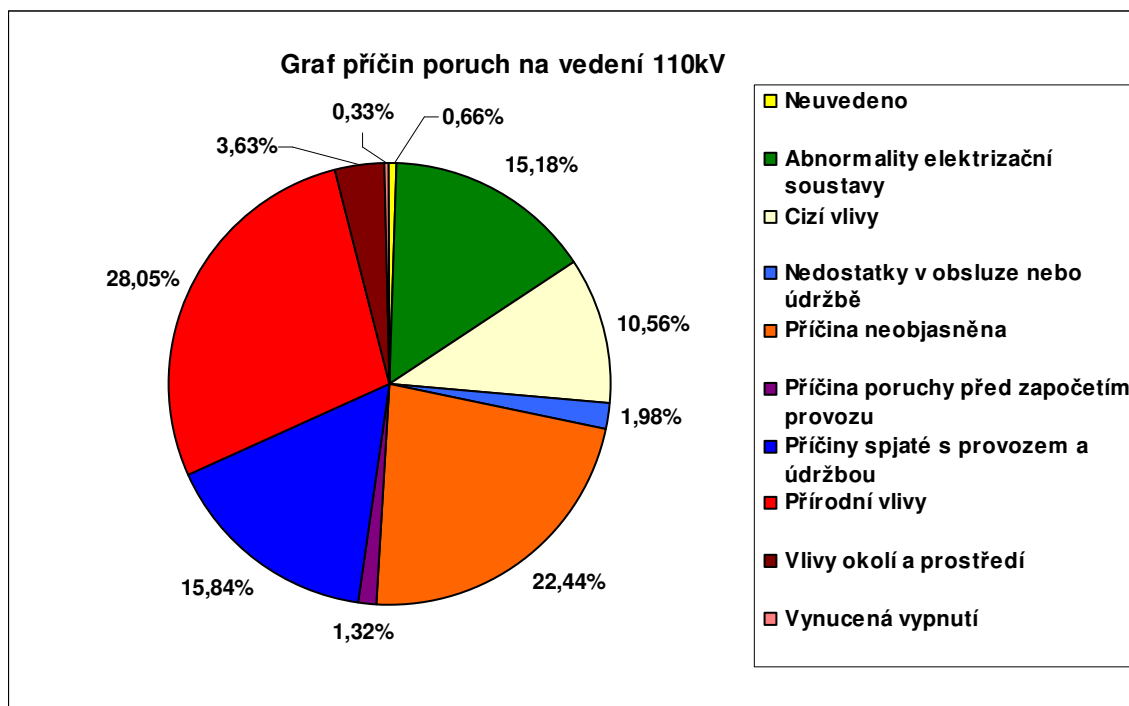
Z celkového počtu 341 úseků vedení pro oblast Morava je alespoň jednou poruchou postiženo 130 úseků, což je 38,12 % z úseků vedení. Na grafu 3.1 je zaznamenáno, kolik poruch se vyskytuje na úsecích vedení.



Graf 3.1. Poruchy

Z celkového počtu 341 úseků je jednou poruchou postiženo 64 úseků, což je 18,76 %. Jedna porucha na 64 úsecích tvoří 49,23 % z celkového počtu 130 poruchou postižených úseků vedení.

Graf 3.2 uvádí příčiny vzniku zaznamenaných poruch na úsecích vedení. Z 10 druhů příčin se nejvíce projevují přírodní vlivy (28,05 %), což je 85 poruch. Dále příčina neobjasněna (22,44 %), což je 68 poruch a příčiny spjaté s provozem a údržbou (15,84 %), což je 48 poruch. Nejmenší výskyt vykazují příčiny vynucených vypnutí (0,33 %), což je 1 porucha z celkového počtu 303 poruch.



Graf 3.2 Příčiny poruch

### 3.1.1. Rozdělení příčin poruch

Rozdělení nejčastěji zaznamenaných Příčin poruch vyskytujících se na úsecích vedení 110kV:

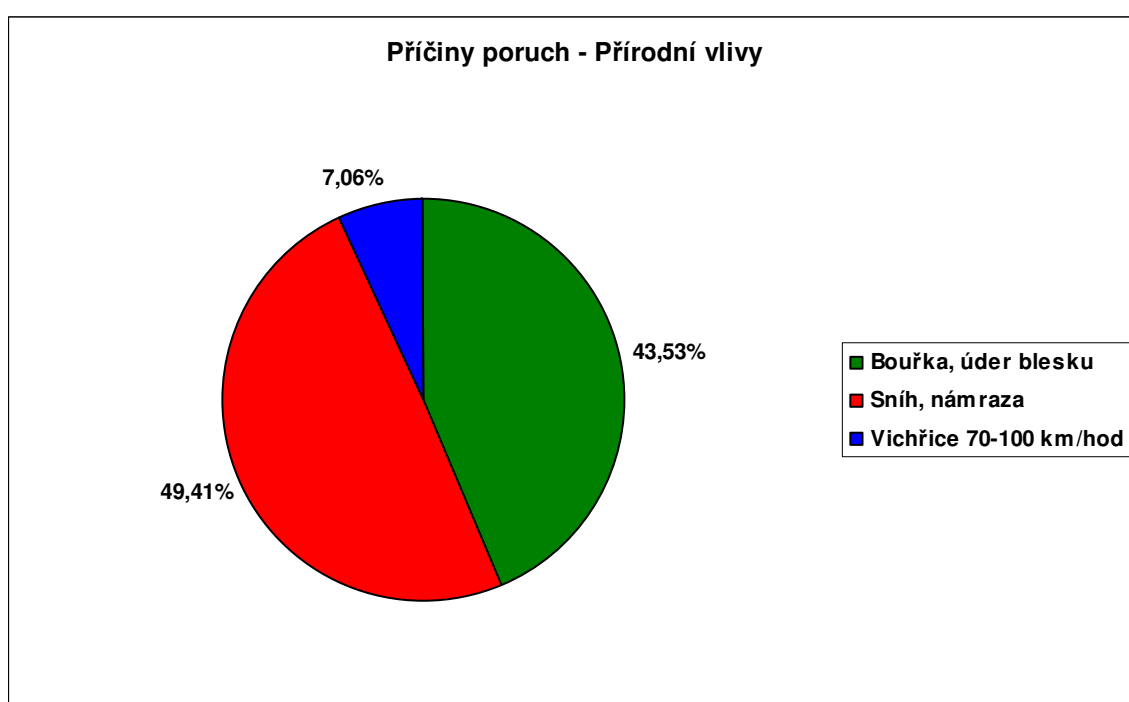
- **A) Přírodní vlivy:**
  - bouřka, úder blesku
  - sních, námraza
  - vichřice 70 až 100km/hod
- **B) Příčiny spjaté s provozem a údržbou:**
  - nesprávná funkce ochran, jištění, automatik, ŘS
  - opotřebení materiálu
  - porušení tvaru, celistvosti a funkce
- **C) Abnormality elektrizační soustavy:**
  - porucha v odběrném místě zákazníka
  - porucha v síti jiného provozovatele distribuční soustavy
  - porucha v síti sousedního provozovatele distribuční soustavy

▪ **D) Cizí vlivy:**

- cizí předmět ve vedení
- poškození dopravní nehodou (silniční, železniční, vzdušnou)
- poškození cizími osobami (samotnými)

**A) Přírodní vlivy**

Jsou nejčastější příčinou poruch na vedení 110kV – oblast Morava z 28,05 %, což je 85 poruch ze 303 zaznamenaných. Největší výskyt poruch způsobil sníh a námraza (49,41 %), což je 42 poruch. Nejmenší výskyt poruch způsobila vichřice 70-100km/hod (7,06 %), což je 6 poruch. Poruch vzniklých bouřkou a úderem blesku je 37, což je 43,53 %.

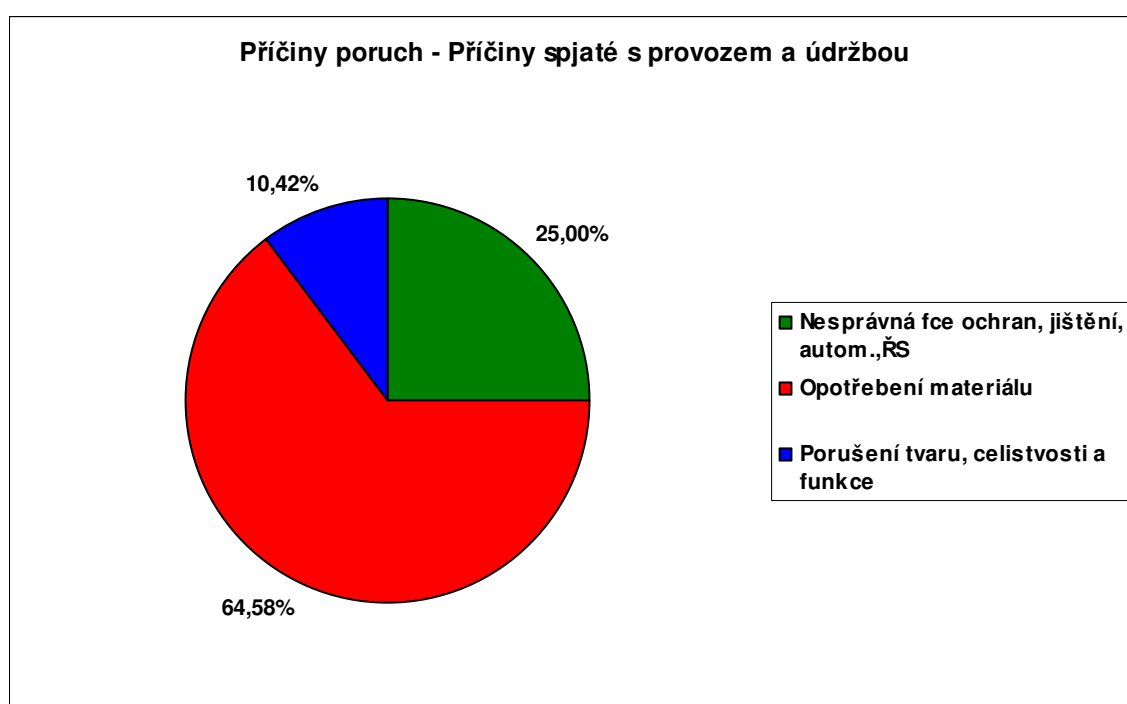


Graf 3.3 Přírodní vlivy

Druhá nejčastější příčina poruch na vedení 110kV je příčina neobjasněna (22,44 %). Tato skupina není analyzována, protože zde nejsou uvedeny podrobnosti poruch.

**B) Příčiny spjaté s provozem a údržbou**

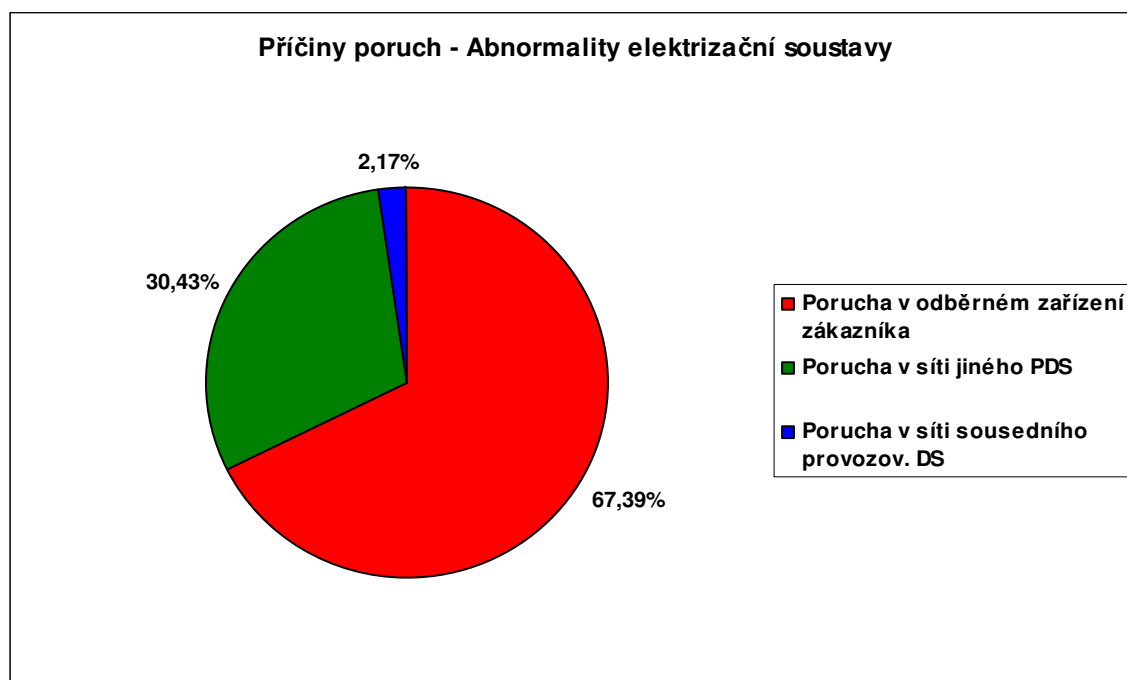
Jsou třetí nejčastější příčinou poruch na vedení 110kV – oblast Morava z 15,84 %, což je 48 poruch. Největší výskyt poruch způsobilo opotřebení materiálu (64,58 %), což je 31 poruch. Nejmenší výskyt poruch je způsobeno porušením tvaru, celistvosti a funkce (10,42 %), což je 5 poruch. Nesprávná funkce ochran, jištění, automatiky a ŘS způsobila 12 poruch, což je 25 %.



Graf 3.4 Příčiny spjaté s provozem údržbou

**C) Abnormality elektrizační soustavy**

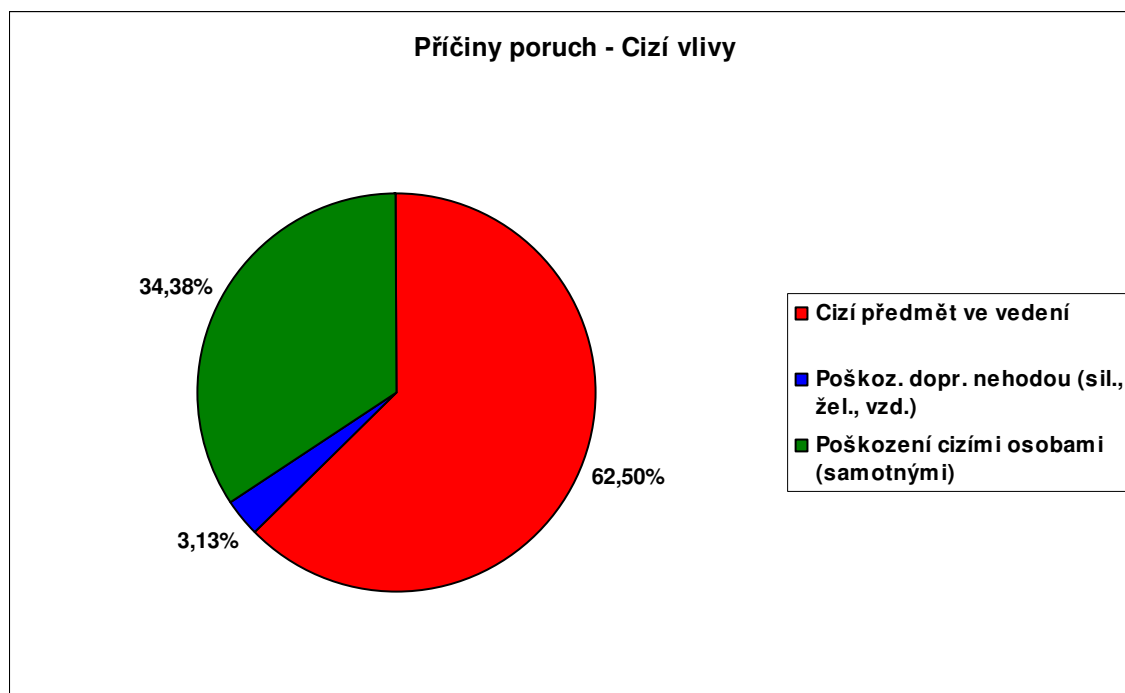
Jsou čtvrtou nejčastější příčinou poruch na vedení 110kV – oblast Morava z 15,18 %, což je 46 poruch. Největší výskyt poruch bylo způsobeno poruchou v odběrném místě zákazníka (67,39 %), což je 31 poruch. Nejmenší výskyt poruch způsobila porucha v síti sousedního provozovatele distribuční sítě (2,17 %), což je 1 porucha. Poruch v síti jiného provozovatele distribuční sítě bylo zaznamenáno 14, což je 30,43 %.



Graf 3.5 Abnormality elektrizační soustavy

**D) Cizí vlivy**

Jsou pátou nejčastější příčinou poruch na vedení 110kV – oblast Morava z 10,56 %, což je 32 poruch. Největší výskyt poruch způsobil cizí předmět ve vedení (62,50 %), což je 20 poruch. Nejmenší výskyt poruch bylo způsobeno poškozením dopravní nehodou (sil., žel., vzd.) (3,13 %), což je 1 porucha. Poruch poškozením cizími osobami (samotnými) je 11, což je 34,38 %.



Graf 3.6 Cizí vlivy



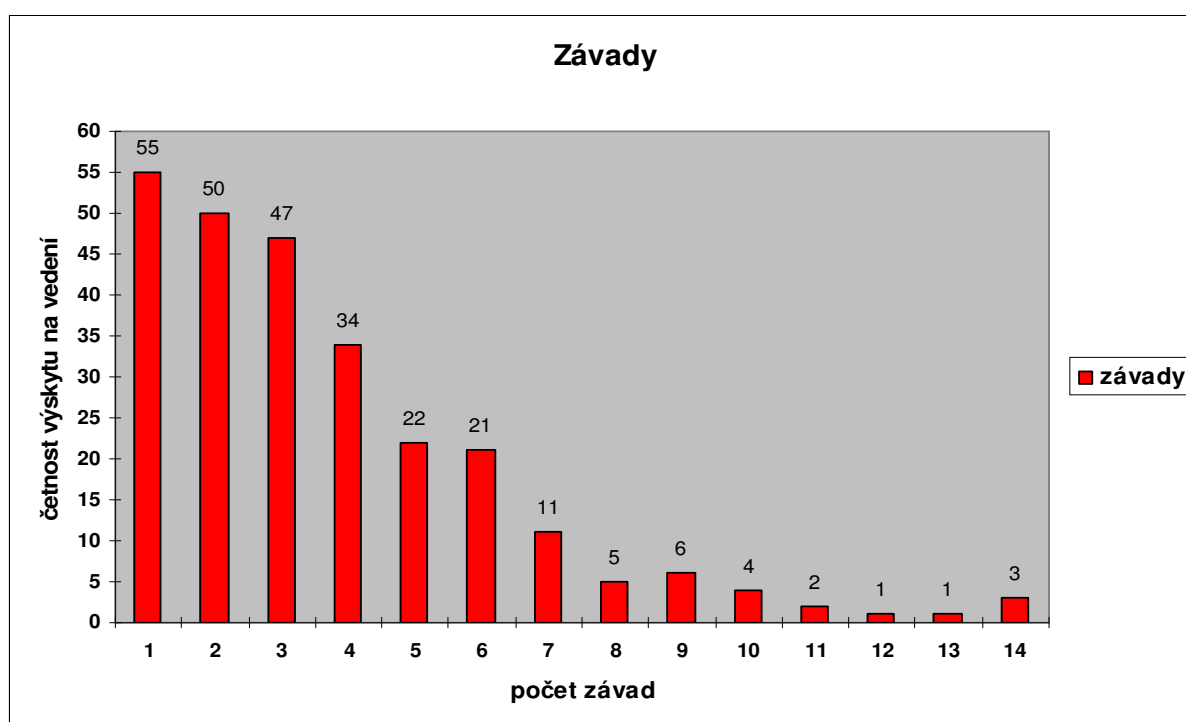
## 4. Analýza databáze závad na vedení 110kV

Analýzu jsem provedl z databáze závad a poruch na úsecích vedení 110kV – oblast Morava [10].

### 4.1. Příčiny závad

Závady na úsecích vedení 110kV jsem zpracoval z databáze poruch a závad linek 110kV - oblast Morava. Závady jsem vyhodnocoval za sledované období od 5.9.2007 do 24.2.2010, tedy 30 měsíců. Za období 30 měsíců sledování bylo na 262 úsecích vedení 110kV oblast Morava zaznamenáno celkem 968 závad.

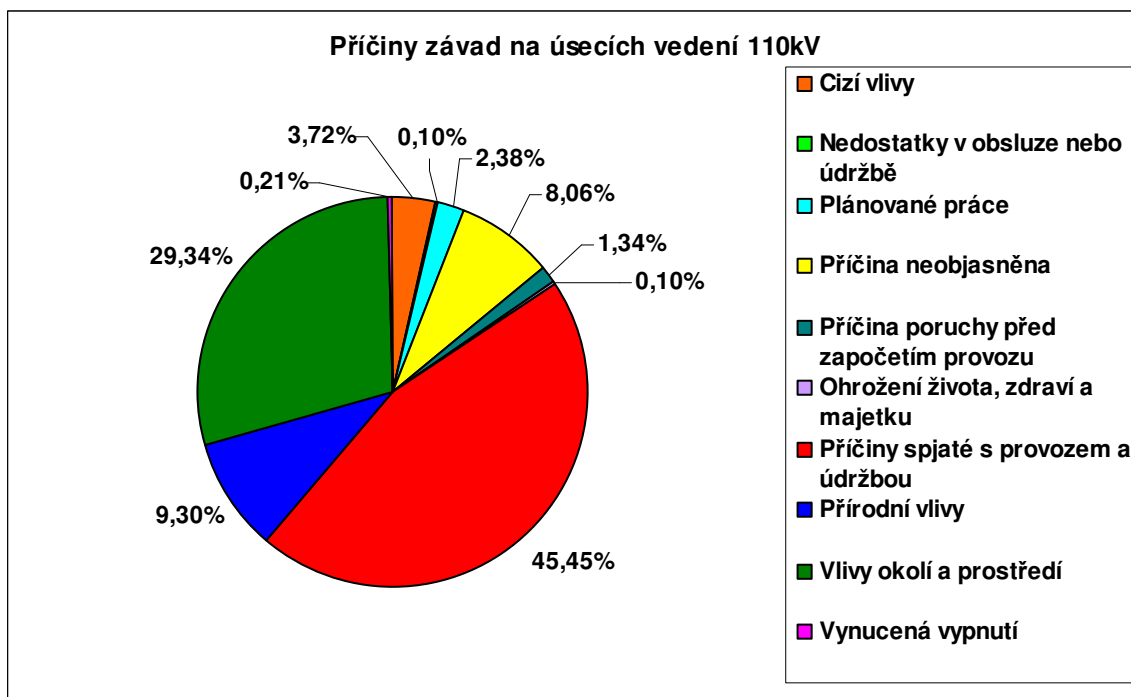
Z Celkového počtu 341 úseků vedení pro oblast Morava je alespoň jednou závadou postiženo 262 úseků, což je 76,83 % z úseků vedení. Na grafu 4.1 je zaznamenáno, kolik závad se vyskytuje na úsecích vedení.



Graf 4.1. Závady

Z celkového počtu 341 úseků je jednou závadou postiženo 55 úseků, což je 16,13 %. Jedna závada na 55 úsecích tvoří 21 % z celkového počtu 262 závadou postižených úseků.

Graf 4.2 uvádí příčiny vzniku zaznamenaných závad na úsecích vedení. Z 10 druhů příčin se nejvíce projevují příčiny spjaté s provozem a údržbou (45,45 %), což je 440 závad. Dále vlivy okolí a prostředí (29,34 %), což je 284 závad a přírodní vlivy (9,30 %), což je 90 závad. Nejmenší výskyt závad vykazují nedostatky v obsluze nebo údržbě a ohrožení života, zdraví a majetku (0,10 %), což je 1 záhada z celkového počtu 968 závad.



Graf 4.2 Příčiny závad

### 3.1.1. Rozdělení příčin závad

Rozdělení nejčastěji zaznamenaných Příčin závad vyskytujících se na úsecích vedení 110kV:

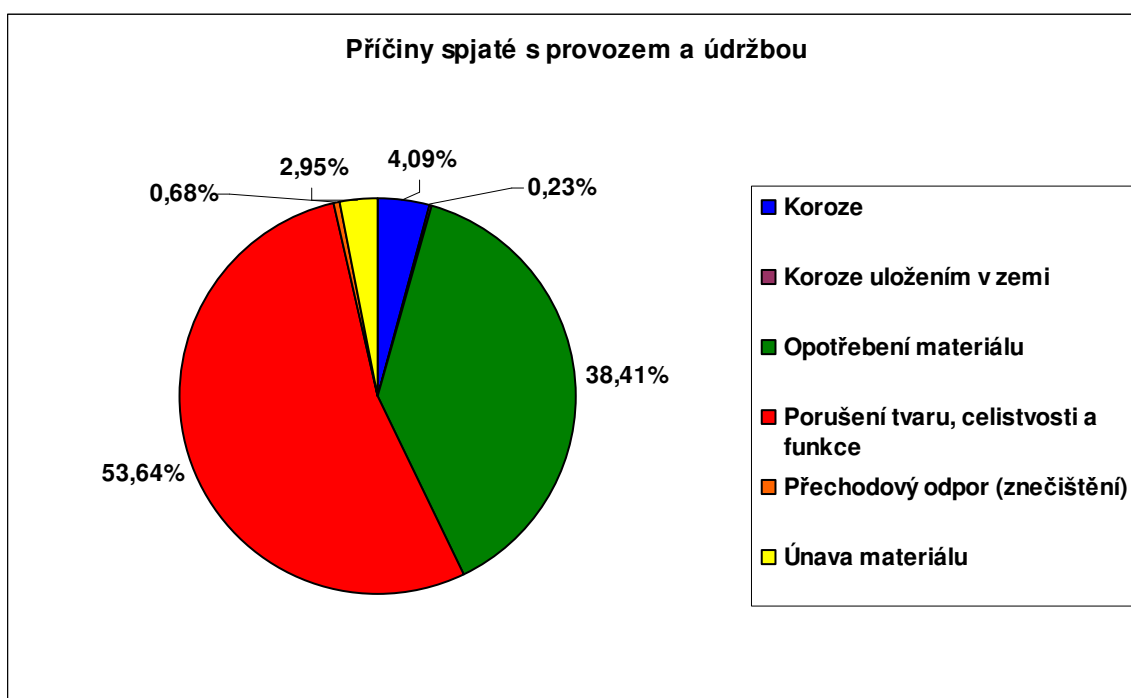
- **A) Příčiny spjaté s provozem a údržbou:**
  - koroze
  - koroze s uložením v zemi
  - opotřebení materiálu
  - porušení tvaru, celistvosti a funkce
  - přechodový odpor (znečištění)
  - únava materiálu
- **B) Vlivy okolí a prostředí:**
  - havárie nebo exploze jiných zařízení
  - pohyb půdy, důlní vlivy
  - poškození pádem stromů nebo větví
  - poškození živočichy
  - relativní vlhkost nad povolenou hranici
  - znečištění ovzduší

▪ **C) Přírodní vlivy:**

- bouřka, úder blesku
- mlha, déšť, kroupy
- mráz větší než  $-20^{\circ}\text{C}$
- silný nárazový vítr
- sníh, námraza
- vichřice 70-100 km/hod
- zatečená voda

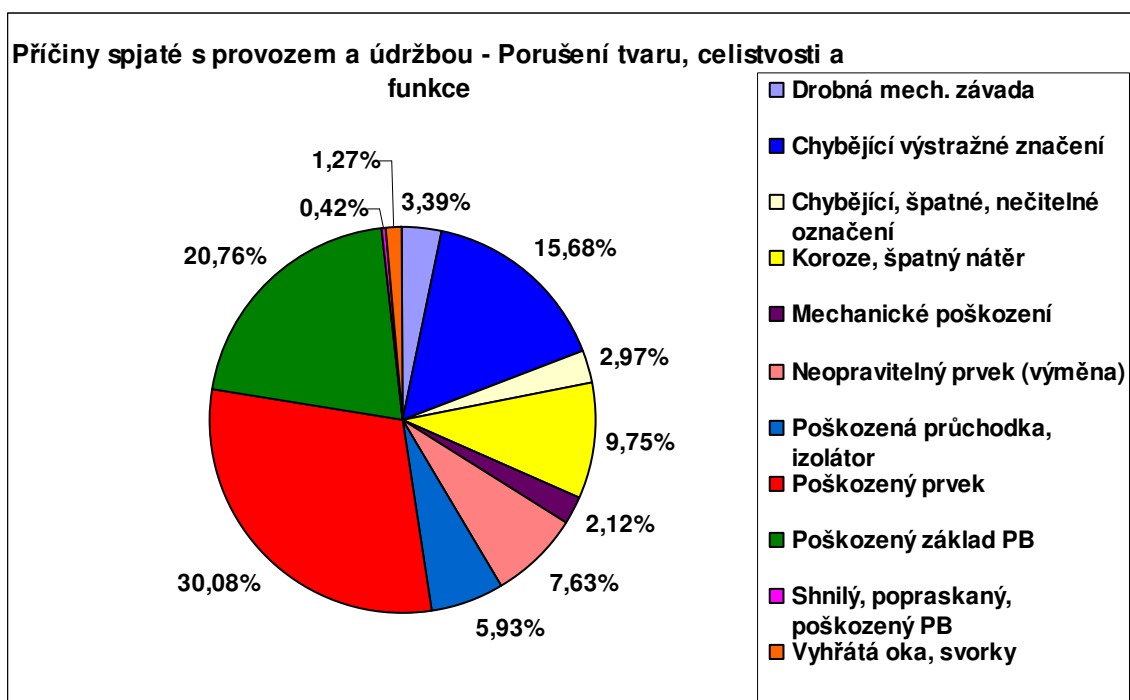
**A) Příčiny spjaté s provozem a údržbou**

Tyto příčiny tvoří celkem 45,45 %, což je 440 závad z celkového počtu 968 závad. Největší počet závad tvoří porušení tvaru, celistvosti a funkce (53,64 %), což je 263 závad. Nejmenší počet závad tvoří koroze uložení v zemi (0,23 %), což je 1 závada. Závad vzniklých opotřebením materiálu je 169, což je 38,41 %.



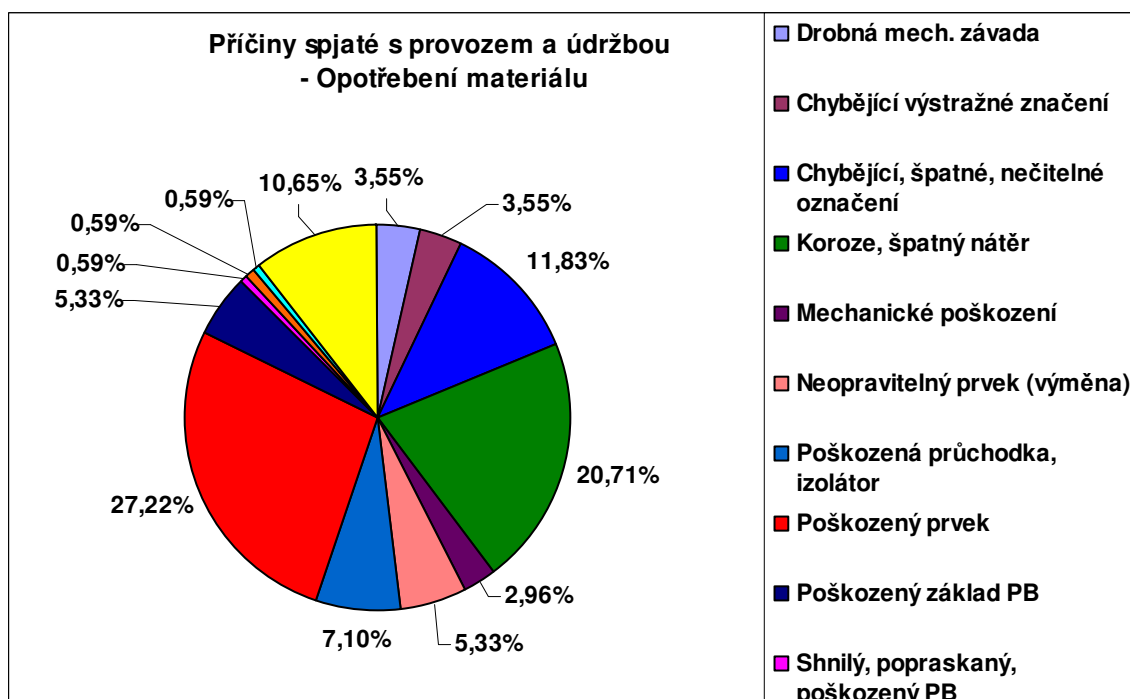
Graf 4.3 Příčiny spjaté s provozem a údržbou

Porušení tvaru, celistvosti a funkce je nejčastější z příčin spjatých s provozem a údržbou (53,64 %), což je 236 závad ze 440. Největší počet závad tvoří poškozený prvek (30,08 %), což je 71 závad. Nejmenší počet závad je způsobeno Shnilým, popraskaným, poškozeným podpěrným bodem (0,42 %), což je 1 závada. Závad vzniklých poškozením základu podpěrného bodu je 49, což je (20,76 %). Závad vzniklých chybějícím výstražným značením je 37, což je 15,68 %.



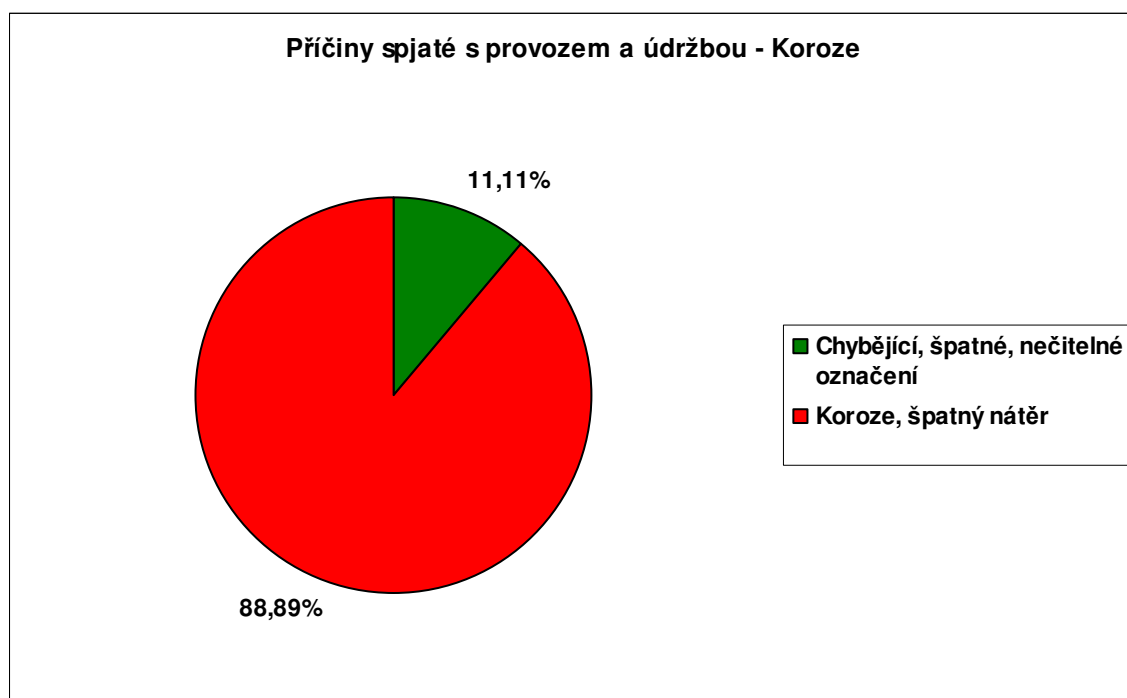
Graf 4.4 Porušení tvaru, celistvosti a funkce

Druhou nejčastější příčinou závad z příčin spjatých s provozem a údržbou je opotřebení materiálu (38,41 %), což je 169 závad ze 440. Největší počet těchto závad tvoří poškozený prvek (27,22 %), což je 46 závad. Nejmenší počet těchto závad tvoří shnilý, popraskaný, poškozený podpěrný bod, stromy, větve ve vedení a špatná mechanická ochrana (0,59 %), což je 1 závada. Závad, které tvoří koroze, špatný nátěr je 35, což je 20,71 %.



Graf 4.5 Opotřebení materiálu

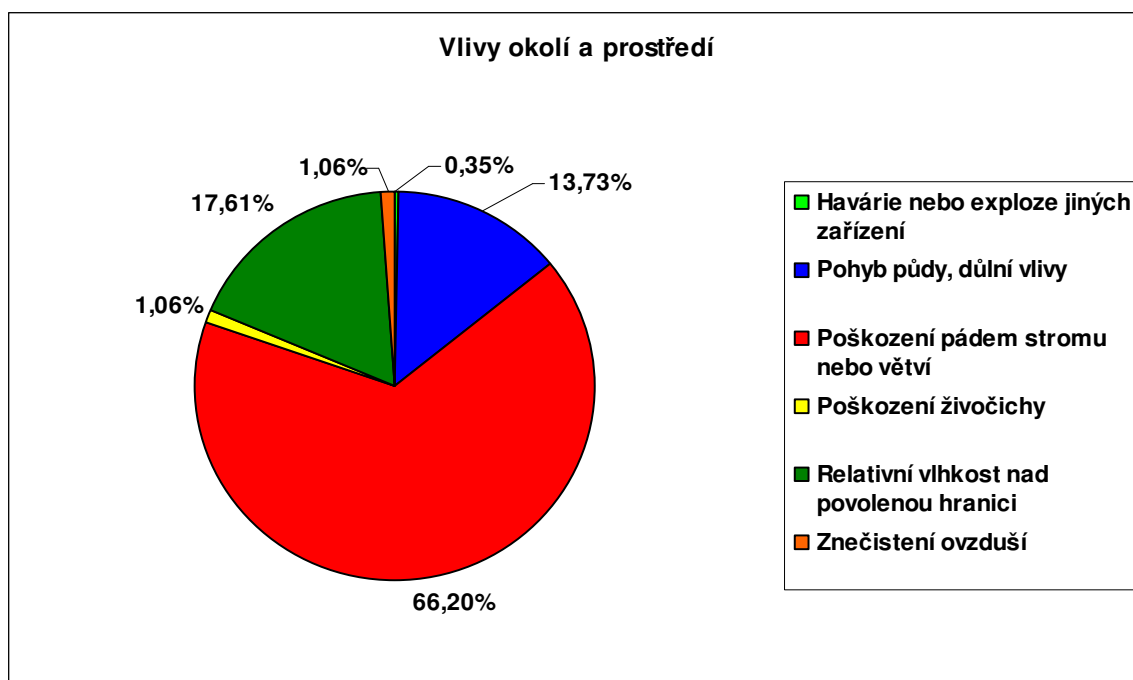
Třetí nejčastější příčinou závad z příčin spjatých s provozem a údržbou je koroze (4,09 %), což je 18 závad ze 440. Největší počet těchto závad tvoří koroze, špatný nátěr (88,89 %), což je 16 závad. Nejmenší počet těchto závad tvoří chybějící, špatné nebo nečitelné označení (11,11 %), což jsou 2 závady.



Graf 4.6 Koroze

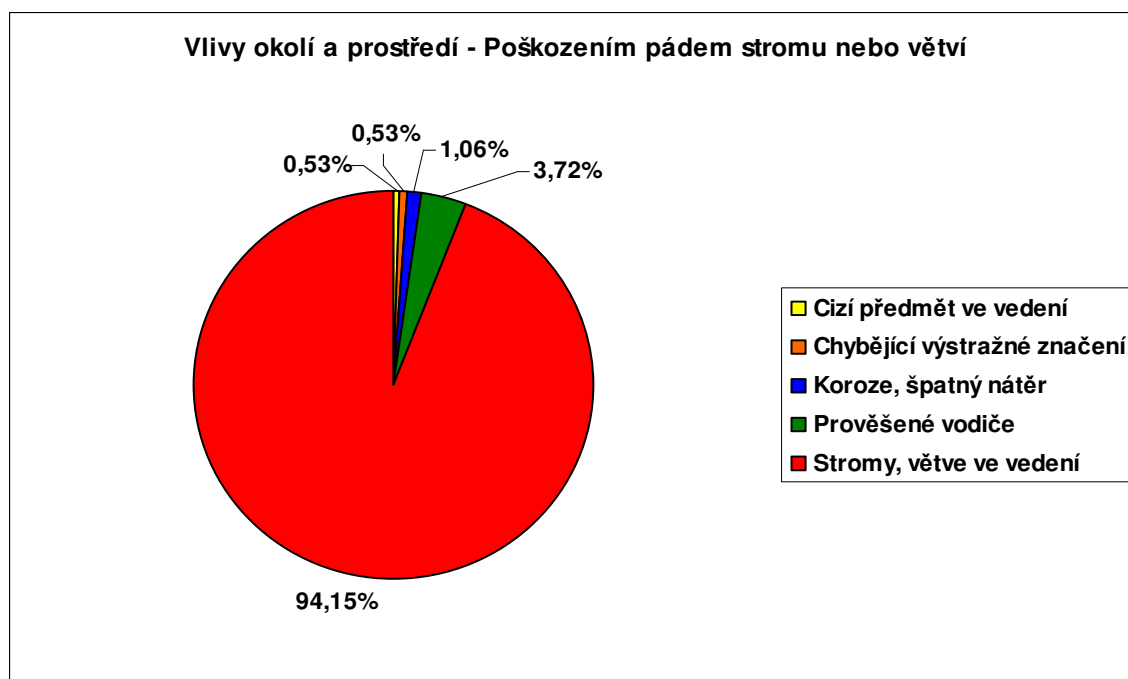
### **B) Vlivy okolí a prostředí**

Tyto příčiny tvoří celkem 29,34 %, což je 284 závad z celkového počtu 968 závad. Největší počet závad vzniklo poškozením pádem stromu nebo větví (66,20 %), což je 188 závad. Nejmenší počet závada vzniklo havárií nebo explozí jiných zařízení (0,35 %), což je 1 závada. Závad vzniklých relativní vlhkostí nad povolenou hranici je 50, což je (17,61 %). Závad vzniklých pohyby půdy a důlními vlivy je 39, což je (13,73 %).



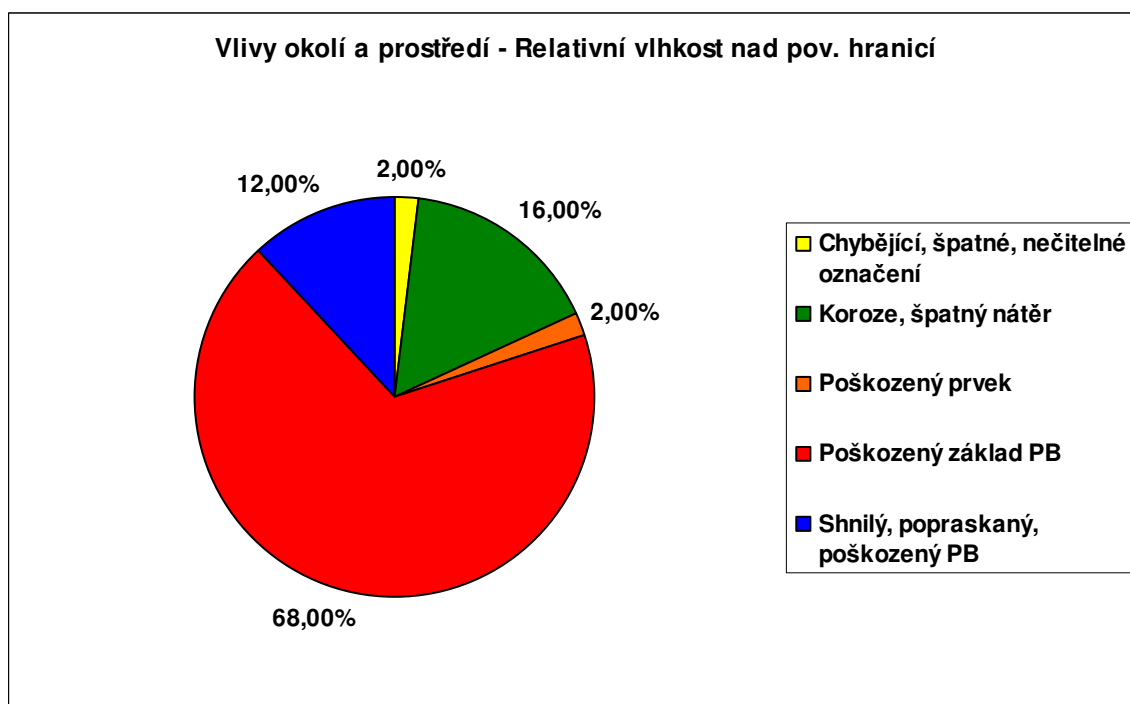
Graf 4.7 Vlivy okolí a prostředí

Závady vzniklé porušením pádem stromu nebo větví jsou nejčastější z vlivů okolí a prostředí (66,20 %), což je 188 závad ze 284. Největší počet těchto závad způsobily stromy a větve ve vedení (94,15 %), což je 177 závad. Nejmenší počet těchto závad vzniklo cizím předmětem ve vedení a chybějícím výstražným značením (0,53 %), což je 1 závada.



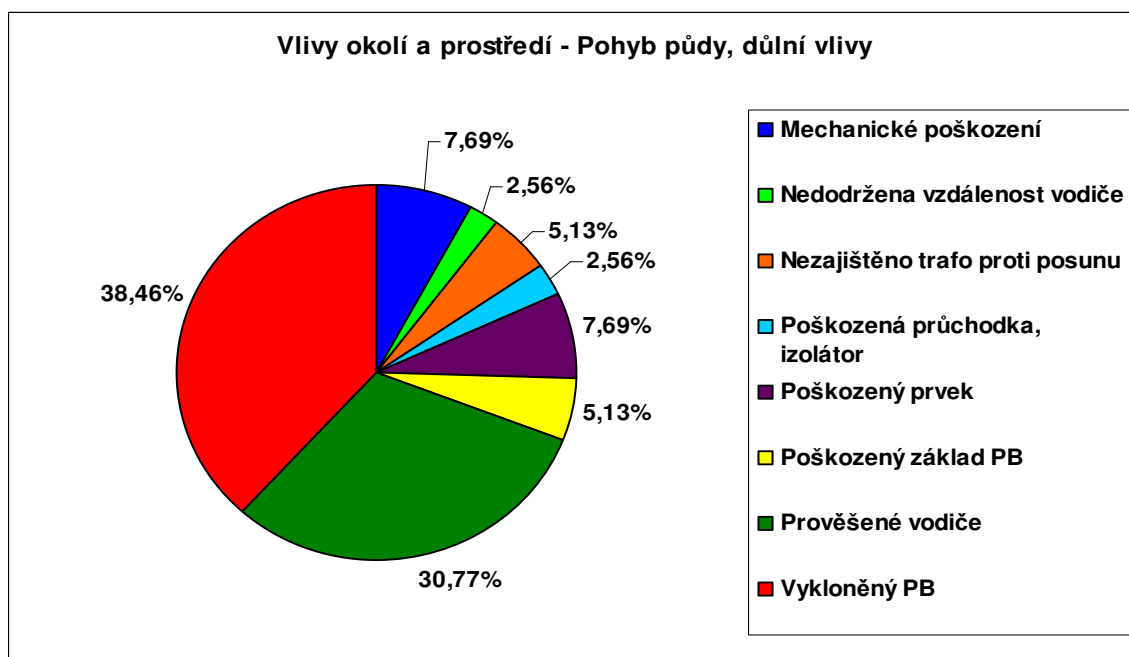
Graf 4.8 Poškození pádem stromu nebo větví

Druhou nejčastější příčinou závad z vlivů okolí a prostředí jsou závady vzniklé relativní vlhkostí nad povolenou hranicí (17,61 %), což je 50 závad ze 284. Největší počet těchto závad tvoří poškozený základ podpěrného bodu (68 %), což je 34 závad. Nejmenší počet těchto závad tvoří poškozený prvek a chybějící, špatné nebo nečitelné označení (2 %), což je 1 závada. Závad vzniklých korozí a špatným nátěrem je 8, což je 16 %.



Graf 4.9 Relativní vlhkost nad povolenou hranicí

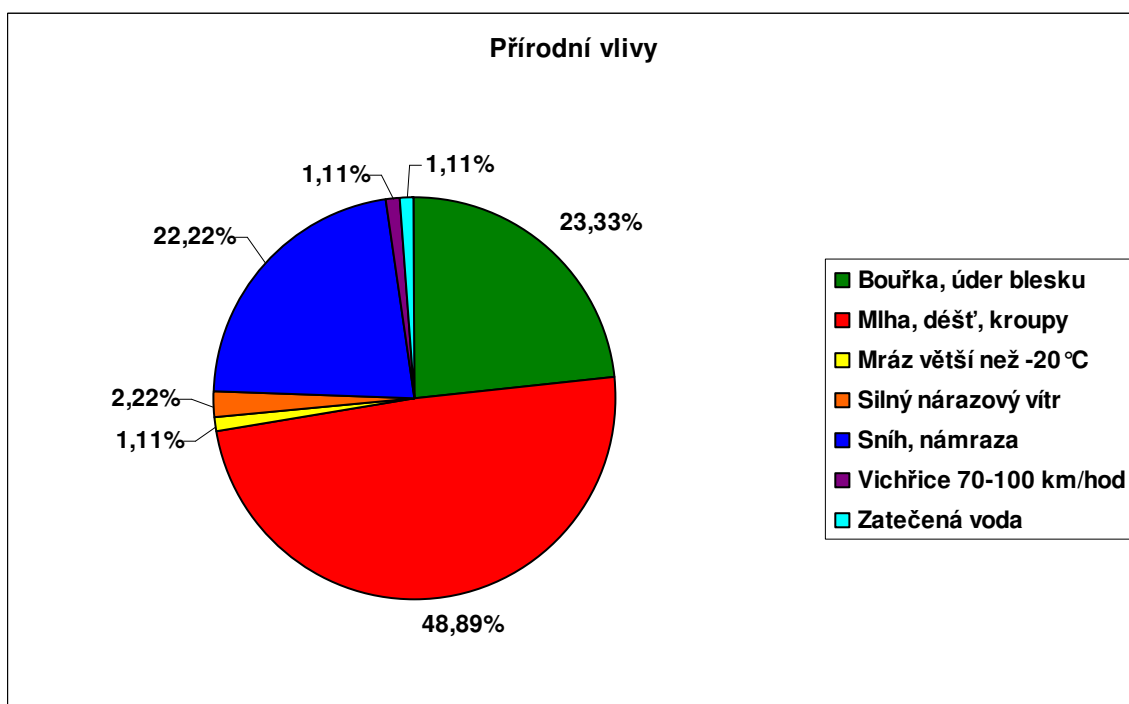
Třetí nejčastější příčinou závad z vlivů okolí a prostředí jsou závady vzniklé pohyby půdy a důlními vlivy (13,73 %), což je 39 závad ze 284. Největší počet těchto závad vzniklo vykloněným podpěrným bodem (38,46 %), což je 15 závad. Nejmenší počet těchto závad tvoří nedodržení vzdálenosti vodiče a poškozená průchodka nebo izolátor (2,56 %), což je 1 závada. Závad vzniklých prověšenými vodiči je 12, což je (30,77 %).



Graf 4.10 Pohyb půdy, důlní vlivy

**C) Přírodní vlivy**

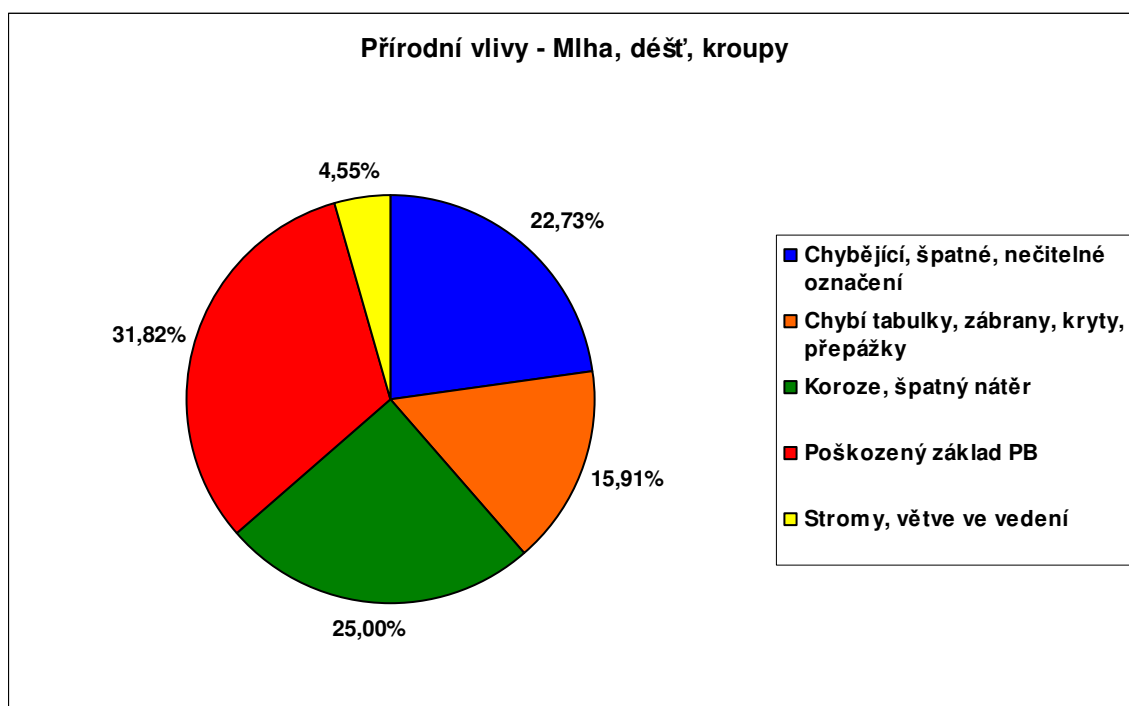
Tyto příčiny tvoří celkem 9,30 %, což je 90 závad z celkového počtu 968 závad. Největší počet tvoří závady vzniklé mlhou, deštěm nebo kroupami (48,89 %), což je 44 závady. Nejmenší počet tvoří závady vzniklé mrazem větším než -20 °C, vichřicí 70-100 km/hod a zatečenou vodou (1,11 %), což je 1 závada.



Graf 4.11 Přírodní vlivy

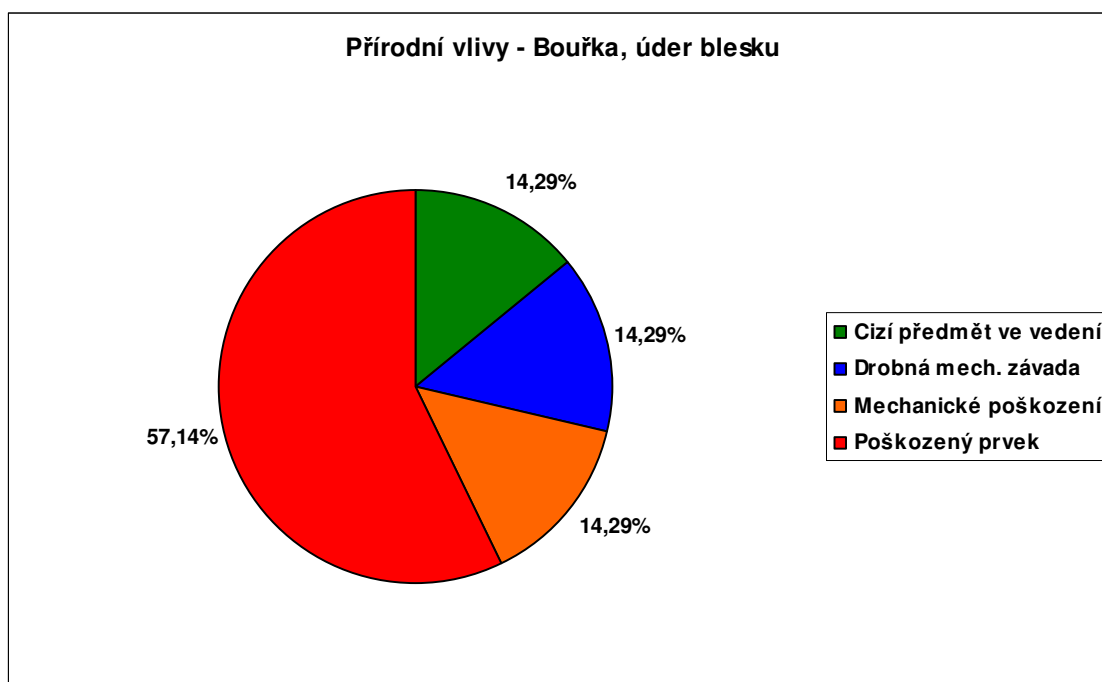


Mlha, déšť, kroupy tvoří nejčastější závadu z přírodních vlivů (48,89 %), což je 44 závad z 90. Největší počet těchto závad tvoří poškozený základ podpěrného bodu (31,82 %), což je 14 závad. Nejmenší počet těchto závad tvoří stromy nebo větve ve vedení (4,55 %), což jsou 2 závady. Závad vzniklých koroze nebo špatným nátěrem je 11, což je (25 %). Chybějící, špatné, nečitelné označení tvoří 22,73 %, což je 10 závad.



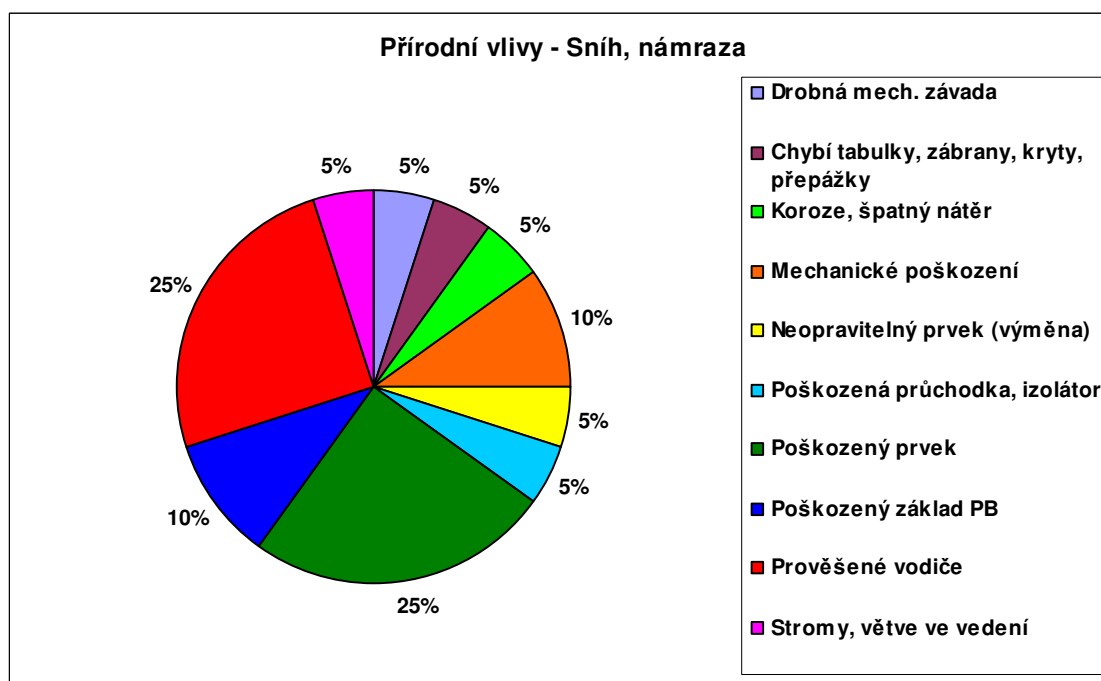
Graf 4.12 Mlha, déšť, kroupy

Druhou nejčastější příčinou závad z přírodních vlivů vzniklo bouřkou nebo úderem blesku (23,33 %), což je 21 závad z 90. Největší počet těchto závad tvoří poškozený prvek (57,14 %), což je 12 závad. Nejmenší počet těchto závad tvoří cizí předmět ve vedení, drobná mechanická závada a mechanické poškození (14,29 %), což jsou 3 závady.



Graf 4.13 Bouřka, úder blesku

Třetí nejčastější příčinou závad z přírodních vlivů tvoří sníh a námraza (22,22 %), což je 20 závad z 90. Největší počet těchto závad tvoří prověšené vodiče a poškozený prvek (25 %), což je 5 závad. Nejmenší počet těchto závad způsobila drobná mechanická závada, chybějící tabulky, zábrany, kryty a přepážky, koroze se špatným nátěrem, neopravitelný prvek (výměna), poškozená průchodka, izolátor a stromy a větve ve vedení 5 %, což je 1 závada.



Graf 4.14 Sníh, námraza

## 4.2. Závady na nejproblémovějších úsecích vedení 110kV

Z analýzy databáze závad pro vedení 110kV – oblast Morava, vyplynuly tři nejproblémovější úseky vedení 110kV [10].

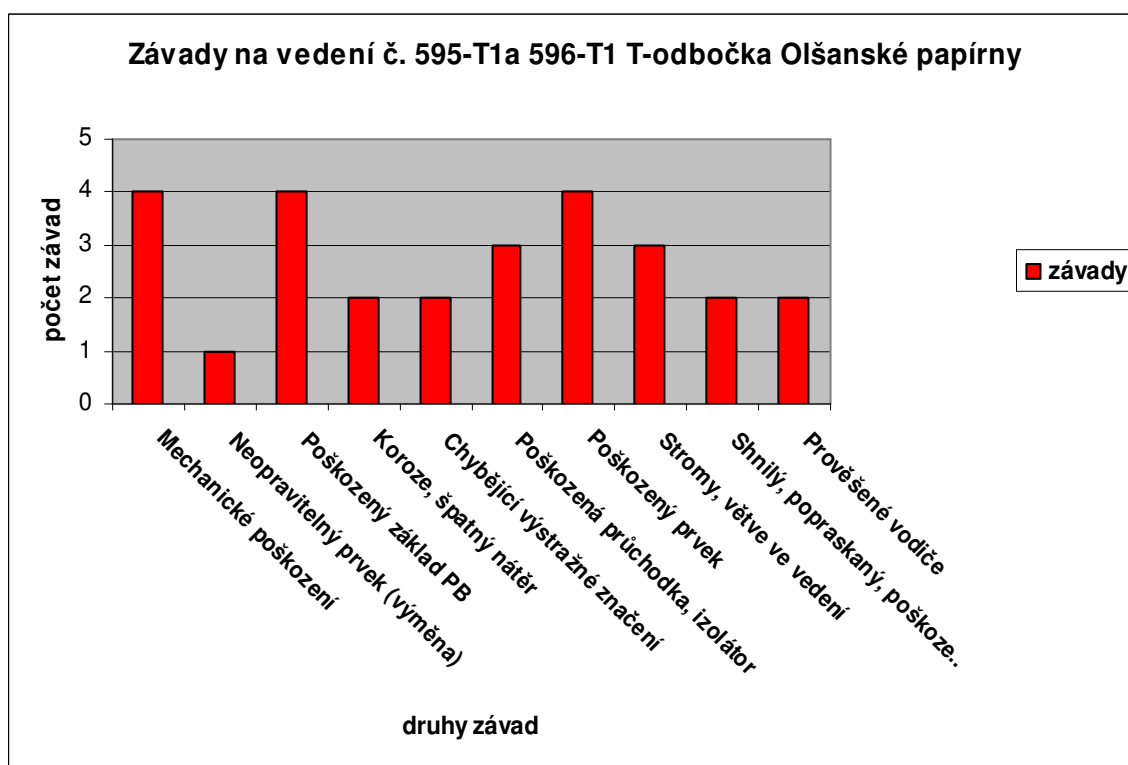
Jedná se o úseky vedení číslo:

- 595-T1 T - odbočka Olšanské papírny + 596-T1 T - odbočka Olšanské papírny. Na těchto úsecích se vyskytuje 14 a 13 závad.
- 598-1 Červenka – Šternberk. Vyskytuje se 14 závad.
- 624-1 Albrechtice - Elektrárna Karviná + 623-1 Albrechtice - Elektrárna Karviná. Na těchto úsecích je vyskytuje 14 a 9 závad.

Z celkového počtu 64 závad na těchto úsecích tvoří největší počet závada poškozený prvek (20 %), což je 13 závad. Druhou nejčastější závadou je mechanické poškození (14 %), což je 9 závad. Třetí nejčastější závadou tvoří poškozený základ podpěrného bodu (13 %), což je 8 závad. Čtvrtou nejčastější závadou jsou stromy a větve ve vedení (11 %), což je 7 závad.

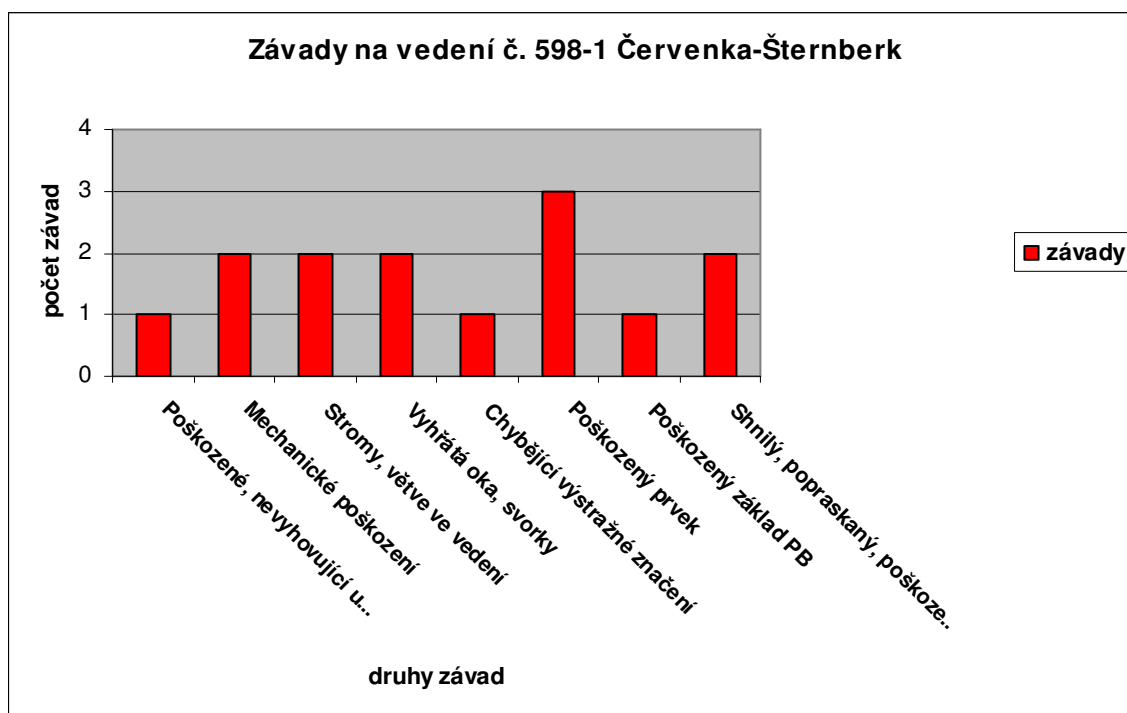
U všech těchto vedení se dají zjištěné závady formou údržby nebo rekonstrukcí omezit či odstranit.

Počtem 14 závad je postižen úsek č. 595-T1 a 13 závad úsek č. 596-T1. U tohoto vedení se jedná o dvojpotah, proto byly tyto závady sečteny.



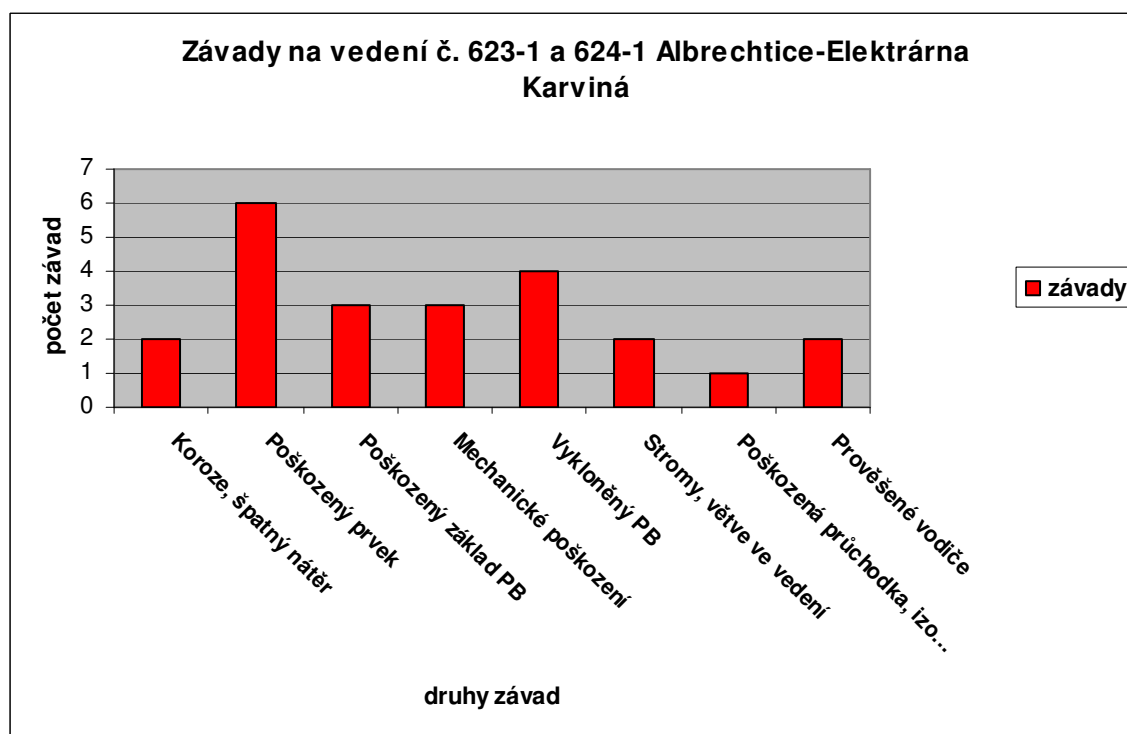
Graf 4.2.1 Závady na vedení

Počtem 14 závad je postižen úsek č. 598-1, jedná se o jednoduchou linku.



Graf 4.2.2 Závady na vedení

Počtem 14 závad je postižen úsek č. 623-1 a 9 závadami usek č. 624-1. U tohoto vedení se jedná o dvojpotah, proto byly tyto závady sečteny.



Graf 4.2.3 Závady na vedení

## 5. Návrh na rekonstrukci nejproblémovějších vedení s ekonomickým posouzením návratnosti investice

Pro návrh na zjednodušenou rekonstrukci nejproblémovějších úseků vedení s ekonomickým posouzením návratnosti investice jsem vycházel z analýzy databáze závad vedení 110kV – oblast Morava. Závady na úsecích vedení jsem rozdělil do tří skupin:

- návrh na celkovou rekonstrukci vedení
- návrh na intenzivnější kontrolu a údržba vedení
- ponechán stávající postup kontroly a údržby

Tyto skupiny jsou vidět v grafu 4.1 a uvádí, že např. 3 závady se nacházejí na 47 úsecích vedeních, 10 závad se nachází na 4 úsecích vedení.

Pro vedení nacházející se ve skupinu závad 1; 2; 3; bude ponechán stávající postup kontroly a údržby podle Řádu preventivní údržby. Tuto skupinu tvoří celkem 152 úseků vedení, což 44,57 % z celkového počtu úseků vedení.

Pro vedení nacházející se ve skupině závad 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; bude proveden návrh na intenzivnější kontrolu a údržbu vedení (zkrácení lhůt preventivní kontroly a údržby o polovinu). Tuto skupinu tvoří 107 úseků vedení, což je 31,4 % ze všech úseků vedení.

Návrh na celkovou rekonstrukci vedení dle Zadávacího návrhu se provede pouze u vedení nacházejících se ve 14-té skupině závad.

Tuto skupinu tvoří tři vedení, což je 0,88 % ze všech vedení a jedná se o:

- 595-T1 T - odbočka Olšanské papírny

U tohoto vedení se jedná o dvojpotah, bude tedy rekonstruováno i vedení 596-T1 T - odbočka Olšanské papírny. Na těchto úsecích se vyskytuje 14 a 13 závad.

- 598-1 Červenka – Šternberk. Vyskytuje se 14 závad.
- 624-1 Albrechtice - Elektrárna Karviná

U tohoto vedení se jedná o dvojpotah, bude tedy rekonstruováno i vedení 623-1 Albrechtice - Elektrárna Karviná. Na těchto úsecích je vyskytuje 14 a 9 závad.

### 5.1. Zadávací návrh pro rekonstrukci vedení č. 595/596-T1

Zadávací návrh stavby (ZN) je zpracován pro rekonstrukci vedení č. 595-T1 T - odbočka Olšanské papírny.

U tohoto vedení se jedná o dvojpotah, bude tedy rekonstruováno i vedení 596-T1 T - odbočka Olšanské papírny. Pro účely diplomové práce jsou zpracovány jen důležité body zadávacího návrhu stavby.

Zadávací návrh stavby obsahuje tyto okruhy [11]:

**A) Název stavby a základní údaje:**

Název stavby	T-odbočka Olšanské papírny – rekonstrukce vedení č. 595-T1/596-T1
Místo stavby	Olomoucký kraj; okres Šumperk
Charakteristika stavby:	Rekonstrukce
Název a sídlo investora:	ČEZ Distribuce, a.s. Děčín 4, Teplická 874/8, PSČ 405 02 IČO: 27232425
Zahájení stavby:	03/2011
Ukončení stavby:	09/2011
Lhůta stavby:	6 měsíců
Předpokládaná výše celkových nákladů stavby	<b>32 mil. Kč.</b>

**B) Souhrnné technické řešení:*****Stávající stav vedení:***

Vybudováno v roce:	1970
Délka trasy vedení:	6,631 km
Počet podpěrných bodů:	35 stožárů
Typ stožárů:	soudek
Vodiče:	AlFe 150 mm <sup>2</sup> + Fe 150 mm <sup>2</sup> (zemní lano)
Trasa vedení:	viz bod R) Situační výkres - mapa

***Nový stav vedení:***

Rekonstruované vedení VVN 595-T1/596-T1 bude vedeno ve stávající trase. Po demontáži stožárů rekonstruovaných úseků vedení, budou zbourány stávající betonové základy a vybudovány nové na původních pozicích. Základy budou celistvé (všechny rohové úhelníky v jednom základu). Příčné díly konstrukce se navrhnu mimo betonový základ.

Nové vedení bude tvořeno vodiči AlFe 6x 450/52 mm<sup>2</sup>. Zemní lano ALFE 185 mm<sup>2</sup>. Izolace bude sestavena z izolátorů LG 75/22/1270. Stožáry budou vyrobeny z normalizovaných ocelových válcovaných profilů z konstrukční oceli značky 11 523 (Fe 510C dle ČSN EN 10025) spojovaných šrouby nebo svařováním. Svařování použít tam, kde se díly vzhledem k rozměrům dají žárově zinkovat. Další použitý materiál – šrouby, matice, podložky, svařovací materiál apod. musí odpovídat požadavkům ČSN EN 50341-1 (ČSN 33 3300). Stožáry budou žárově zinkovány ponorem v lázni. Hmotnost zinkové ochranné vrstvy bude min. 610 g/m<sup>2</sup>, odpovídající tloušťka zinkové vrstvy je minimálně 86 μm. Po pozinkování se stožáry nebudou natírat. Do výšky cca 3 m budou použity bezpečnostní šrouby proti zcizení úhelníků. Místo šroubů provést spoje nýtováním. Veškerý montážní materiál a doprovodné díly budou použity od standardních dodavatelů doporučených provozovatelem zařízení.

**C) Zdůvodnění stavby**

Rekonstrukce stávajícího vzdušného dvojitého vedení VVN 2x110kV č. 595-T1/596-T1 T-odbočka Olšanské papírny se provede z důvodu velkého výskytu závad na vedení. Za sledované období od 9/07 až 2/10 tedy 30 měsíců, bylo zjištěno 27 závad. Rekonstrukce na průřez ALFE 450/2 mm<sup>2</sup> umožní případné budoucí zasmyčkování vedení č. 595/596 do rozvodny 110 kV Olšany a nebo možnost výstavby další rozvodny 110 kV napájené z rozvodny 110 kV Olšany. Stávající vedení s průřezem ALFe 150 mm<sup>2</sup> nemá dostatečnou přenosovou kapacitu a mechanický stav vedení vzhledem k jeho stáří (rok výstavby 1970) je nevyhovující.

**D) Vliv stavby na životní prostředí**

Při stavbě nedojde k novému záběru půdní plochy ani lesního porostu. V nutných případech dojde ke kácení ojedinělých stromů a křoví, které se budou nacházet v ochranném pásmu vedení a které brání bezpečnému provozu a realizaci rekonstrukce vedení resp. realizaci stavby. Škody způsobené na zemědělských plodinách budou uhrazené jejich majitelům. Stavba nebude mít negativní účinky na životní prostředí.

**E) Odpadové hospodářství**

Veškerý odpadový materiál vzniklý při činnostech souvisejících s realizací této rekonstrukce (manipulace s odpady, evidence, skladování a likvidace) bude řešen dle zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. a v souladu s vyhláškou č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady. Při výstavbě budou vznikat odpady typické pro přípravu pozemků a realizaci výstavby elektrického vedení. Jedná se o zbytky stavebních materiálů, materiál z výkopových prací, odpady z kácení a odstraňování porostů. V rámci stavby nevzniknou žádná vyřazená zařízení s obsahem PCB (Polychlorované bifenyly).

**F) Vodní hospodářství**

V rámci stavby ani v následném jejím provozu nedojde k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami, nebude docházet k vypouštění odpadních vod do vod povrchových ani podzemních. Nebude docházet k vypouštění odpadních vod s obsahem zvlášť nebezpečných látek do veřejné kanalizace. Stavební objekty budou realizovány dle zákona č. 50/1976 Sb. o územním plánování a stavebním řádu a zákona č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích a zákona č. 254/2001 Sb. o vodách.

**G) Ochrana přírody a krajiny**

V rámci realizace stavby nedojde k dotčení zájmu ochrany přírody a krajiny, nedojde k dotčení pozemků určených k plnění funkcí lesa.

**H) Ochrana ovzduší**

Při stavbě nebude realizován žádný technologický proces, který znečišťuje ovzduší. Součástí stavby nebudou zdroje znečištění ovzduší.

**I) Ostatní vlivy na životní prostředí:**

Při stavbě dojde k občasnému zatěžování okolí hlukem v době stavebních prací. Po dokončení stavby a v rámci jejího provozu nebude docházet k zatěžování okolí hlukem.

**J) Požární ochrana**

Elektrické venkovní silové vedení tvoří zvláštní skupinu staveb, pro které neplatí ČSN 33 3300 a na které se nevztahuje ČSN 73 0802 o požární bezpečnosti staveb.

**K) Ekonomické hodnocení*****Náklady stavby:***

- projekční práce a inženýrská činnost	<b>5 mil. Kč</b>
- náklady na rekonstrukci	<b>27 mil. Kč</b>
<b>Celkem</b>	<b>32 mil. Kč</b>

**L) Technologická část stavby****M Stavební část**

Stavební objekt 01 – Venkovní vedení 110 kV

Předmětem tohoto objektu je realizace stavby popsaná v odstavci **B) Souhrnné technické řešení.**

**N) Organizace stavby:**

- dodavatelský systém

Dodavatel projekčních prací bude určen výběrovým řízením. Technologické zařízení musí být navrženo s ohledem na návaznost s ostatním zařízením distribuční soustavy. Dodavatel montážních prací bude vybrán na základě projektové dokumentace (PD), výběrovým řízením dle zákona č.40/2004 Sb. o zadávání veřejných zakázek v platném znění.

- postup výstavby

Realizace stavby bude probíhat v období od 03/2011 do 09/2011.

Předpokládá se vypnutí vedení VVN 595-T1/596-T1 od 03/2011 do 09/2011 bez pohotovostního času. V rámci zpracování PD bude stavba projednávána s dotčenými orgány a organizacemi.

Před započítáním stavby bude projednán vstup na pozemky s jejich vlastníky a po skončení stavby dotčené pozemky uvedeny do původního stavu. Před započítáním stavby bude stavba ohlášena na stavebním úřadě.

- harmonogram

Podrobný harmonogram stavby bude součástí projektové dokumentace. Realizace stavby je plánována v období 03/2011 až 09/2011.

**O) Způsob zajištění provozu správy majetku:**

- způsob provozu

Provoz a údržbu bude zajišťovat ČEZ Distribuční služby, Úsek Provoz a poruchová služba, odbor PPS Morava, oddělení PPS VVN.

- rozdělení investičního majetku

Zařízení bude v majetku ČEZ Distribuce, a.s.



**P) Zatřídění investičního majetku:**

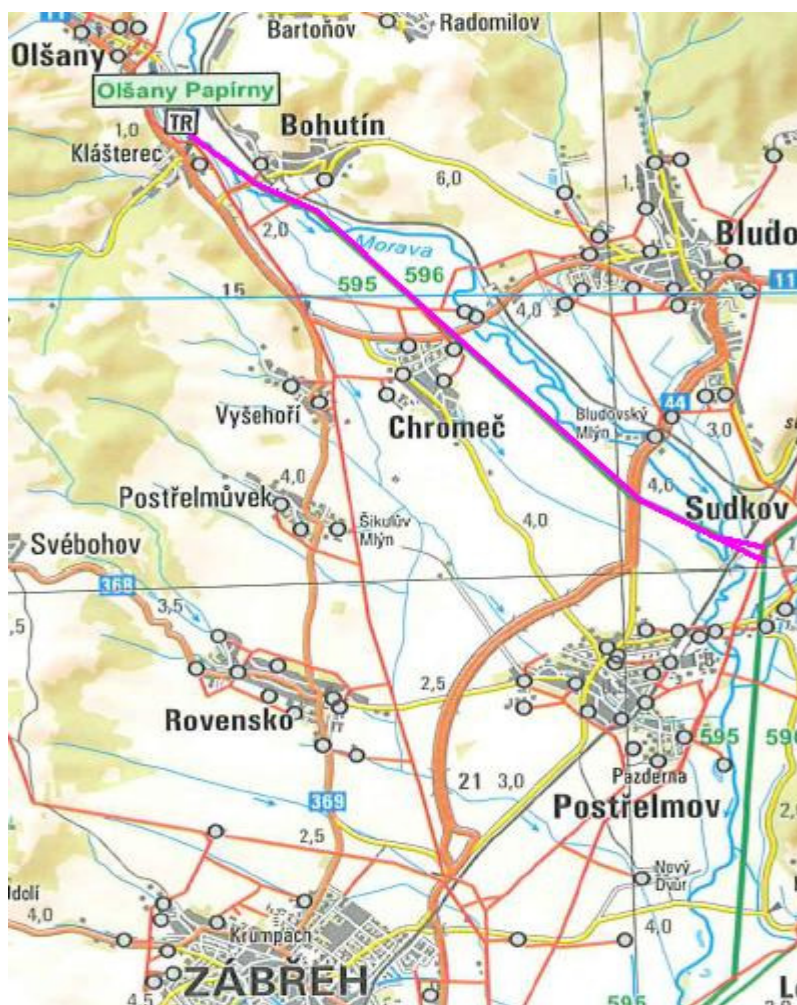
- nový investiční majetek
- pořízení pozemku

V rámci této stavby nedojde k pořízení nových pozemků.

**R) Výkresy a přílohy:**

- situační výkres – mapa

Vedení č. 595/596 je na obrázku zvýrazněno růžovou barvou.



Obr. 5.1.1 Trasa vedení 595/596-T1

- průběhy zkratů podél vedení
- vyjádření a stanovisko zpracovatele k připomínkám

## 5.2. Posouzení variant - Metoda čisté součastné hodnoty

Použitá Metoda čisté součastné hodnoty (NPV) v tomto případě, slouží k posouzení, zda je rekonstrukce navrhnutého vedení oprávněna či nikoli. Byl použit algoritmus pro NPV [13].

V tomto případě jde o ověření, zda je lepší varianta ponechání vedení ve stávajícím (nevyhovujícím) stavu a provozovat ho za stávajících podmínek, nebo zda je navržená rekonstrukce pro provoz vedení oprávněná. Jedná se o vedení č. 595/596-T1 odbočka Olšanské papírny.

Na základě konzultace s odběratelem a informacemi z mikrodispečinku bylo zjištěno, že průměrné zatížení pro Olšanské papírny je 10MW. Toto zatížení je stejné jak před rekonstrukcí, tak i po rekonstrukci.

Pro první případ hodnocení, kdy je ponechán stávající stav vedení a je v provozu, se v hodnocení neuvažují investiční náklady ale pouze náklady na provoz, opravy, a údržbu 6 mil.Kč. V tomto případě jsem celkové činné ztráty ( $\Delta P$ ) vypočetl podle uvedeného vzorce (5.1).

Ve druhém případě, kdy je vedení po celkové rekonstrukci a je v provozu, se již v hodnocení uvažuje s investičními náklady 32 mil.Kč. V tomto případě klesnou podle vzorce (5.2) celkové činné ztráty ( $\Delta P$ ) a tudíž i náklady na ztráty (3 mil.Kč) vlivem rekonstrukce a zvětšení průřezu vedení z 185 mm<sup>2</sup> na 450 mm<sup>2</sup>.

Výpočet celkových činných ztrát  $\Delta P$  jsem provedl podle vzorce (5.1 a 5.2):

Vedení před rekonstrukcí:

průřez AlFe lana	$S = 185 \text{ mm}^2$
rezistance	$\rho = 0,1602 \text{ } \Omega/\text{km}$ [12]
proud vedením	$I = 50 \text{ A}$
délka vedení	$l = 6,631 \text{ km}$

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot I^2 = 3 \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I^2 = 3 \cdot 0,1602 \cdot 6,631 \cdot 50^2 = 7,967 \text{ kW} \cong \underline{\underline{8 \text{ kW}}} \quad (5.1)$$

Vedení po rekonstrukci:

průřez AlFe lana	$S = 450 \text{ mm}^2$
rezistance	$\rho = 0,065 \text{ } \Omega/\text{km}$ [12]
proud vedením	$I = 50 \text{ A}$
délka vedení	$l = 6,631 \text{ km}$

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot I^2 = 3 \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I^2 = 3 \cdot 0,065 \cdot 6,631 \cdot 50^2 = 3,232 \text{ kW} \cong \underline{\underline{3,25 \text{ kW}}} \quad (5.2)$$

Vstupní hodnoty:

Vedení je ponecháno ve stávajícím stav a je v provozu je zjištěné zatížení  $P = 10 \text{ MW}$ , vypočtené celkové ztráty  $\Delta P_z = 8 \text{ kW}$ , investiční náklady  $N_i = 0 \text{ Kč}$ .

Tabulka 5.2.1 Vstupní hodnoty první varianty

Celkové investiční náklady ( $N_i$ )	0	mil. Kč
Celkové činné ztráty ( $\Delta P_z$ )	0,0080	MW
Investiční náklady - 1.odpis. skup. ( $N_{i1}$ )	0	mil. Kč
Investiční náklady - 3.odpis. skup. ( $N_{i3}$ )	0	mil. Kč
Investiční náklady - 4.odpis. skup. ( $N_{i4}$ )	0	mil. Kč
Investiční náklady - 5.odpis. skup. ( $N_{i5}$ )		mil. Kč
Celkové zatížení (P)	10,00	MW
Trend růstu nákladů na provoz	1,1	

Pro vedení po celkové rekonstrukci a které je v provozu jsou investiční náklady  $N_i = 32$  mil.Kč a vypočtené celkové ztráty  $\Delta P_z = 3,25$  kW

Tabulka 5.2.2 Vstupní hodnoty varianta druhé varianty

Celkové investiční náklady ( $N_{ic}$ )	32,00	mil. Kč
Celkové činné ztráty ( $\Delta P_z$ )	0,00325	MW
Investiční náklady - 1.odpis. skup. ( $N_{i1}$ )		mil. Kč
Investiční náklady - 3.odpis. skup. ( $N_{i3}$ )		mil. Kč
Investiční náklady - 4.odpis. skup. ( $N_{i4}$ )	32,00	mil. Kč
Investiční náklady - 5.odpis. skup. ( $N_{i5}$ )		mil. Kč
Celkové zatížení (P)	10,00	MW
Trend růstu nákladů na provoz	1,1	

Posouzením těchto dvou variant jsem získal dva výsledky.

Vedení je ponecháno ve stávajícím stavu a je provozováno:

Kumulovaný cash flow **353.25 mil. Kč.**

Vedení po celkové rekonstrukci a které je provozováno:

Kumulovaný cash flow **364.38 mil. Kč**

Z výsledků vyplývá, že navržená varianta s kompletní rekonstrukcí vedení je výhodnější.

Pro vedení č. 595/596-T1 T - odbočka Olšanské papírny je tedy výhodné, aby byla provedená celková rekonstrukce podle zadávacího návrhu stavby (viz kapitola 5.1. B)).

Příloha Diplomové práce č.1 obsahuje tabulku výpočtu metodou NPV pro vedení č. 595/596 - T1 odbočka Olšanské papírny před rekonstrukcí.

Příloha Diplomové práce č.2 obsahuje tabulku výpočtu metodou NPV pro vedení č. 595/596 - T1 odbočka Olšanské papírny po provedené rekonstrukci.

### 5.3. Zadávací návrh pro rekonstrukci vedení č. 598-1 a 624/623-1

Zde je vypracován zjednodušený zadávací návrh. Jedná se o zbylé dvě vedení, která by se měla na základě analýzy databáze závad na vedeních 110kV – oblast Morava rekonstruovat.

Jedná se o úseky:

- 598-1 Červenka – Šternberk. Vyskytuje se 14 závad.
- 624-1 Albrechtice - Elektrárna Karviná

U tohoto vedení se jedná o dvojpotah, bude tedy rekonstruováno i vedení 623-1 Albrechtice - Elektrárna Karviná. Na těchto úsecích je vyskytuje 14 a 9 závad.

#### 1) Zadávací návrh 598-1 Červenka – Šternberk :

##### A) Název stavby a základní údaje:

Název stavby	Červenka - Šternberk – rekonstrukce vedení č. 598-1
Místo stavby	Olomoucký kraj; okres Olomouc
Charakteristika stavby:	Rekonstrukce
Název a sídlo investora:	ČEZ Distribuce, a.s. Děčín 4, Teplická 874/8, PSČ 405 02 IČO: 27232425
Zahájení stavby:	05/2011
Ukončení stavby:	11/2011
Lhůta stavby:	7 měsíců
Předpokládaná výše celkových nákladů stavby	<b>45 mil. Kč</b>

##### B) Souhrnné technické řešení:

##### *Stávající stav vedení – výchozí podklady:*

Vybudováno v roce: 1967  
 Délka trasy vedení: 15,1 km  
 Počet podpěrných bodů: 78 stožárů  
 Typ stožárů: stromek, jednoduché vedení  
 Vodiče: AlFe 185 mm<sup>2</sup> + Fe 150 mm<sup>2</sup> (zemní lano)

***Nový stav vedení:***

Rekonstruované vedení VVN 598-1 bude vedeno ve stávající trase. Po demontáži stožárů rekonstruovaných úseků vedení, budou zbourány stávající betonové základy a vybudovány nové na původních pozicích. Základy budou celistvé (všechny rohové úhelníky v jednom základu). Příčné díly konstrukce navrhnout mimo betonový základ. Stožár bude typu soudek.

Nové vedení bude tvořeno vodiči AlFe 6x 450/52. Zemní lano ALFE 185 mm<sup>2</sup>. Izolace bude sestavena z izolátorů LG 75/22/1270. Stožáry budou vyrobeny z normalizovaných ocelových válcovaných profilů z konstrukční oceli značky 11 523 (Fe 510C dle ČSN EN 10025) spojovaných šrouby nebo svařováním. Svařování použít tam, kde se díly vzhledem k rozměrům dají žárově zinkovat. Další použitý materiál – šrouby, matice, podložky, svařovací materiál apod. musí odpovídat požadavkům ČSN EN 50341-1 (ČSN 33 3300). Stožáry budou žárově zinkovány ponorem v lázni. Hmotnost zinkové ochranné vrstvy bude min. 610 g/m<sup>2</sup>, odpovídající tloušťka zinkové vrstvy je min. 86 μm. Po pozinkování se stožáry nebudou natírat. Do výšky cca 3 m budou použity bezpečnostní šrouby proti zcizení úhelníků. Místo šroubů provést spoje nýtováním. Veškerý montážní materiál a doprovodné díly budou použity od standardních dodavatelů doporučených provozovatelem zařízení.

**C) Zdůvodnění stavby**

Rekonstrukce stávajícího vzdušného vedení VVN 110kV č. 598-1 Červenka –Šternberk se provede z důvodu velkého výskytu závad na vedení. Za sledované období od 9/07 až 2/10 tedy 30 měsíců, bylo zjištěno 14 závad. Dalším důvodem je předpoklad, že v budoucnu se uvažuje o napájení další rozvodny z rozvodny 110 kV Šternberk. Navrhují proto vybudovat vedení jako dvojité s vodiči AlFe 450/52.

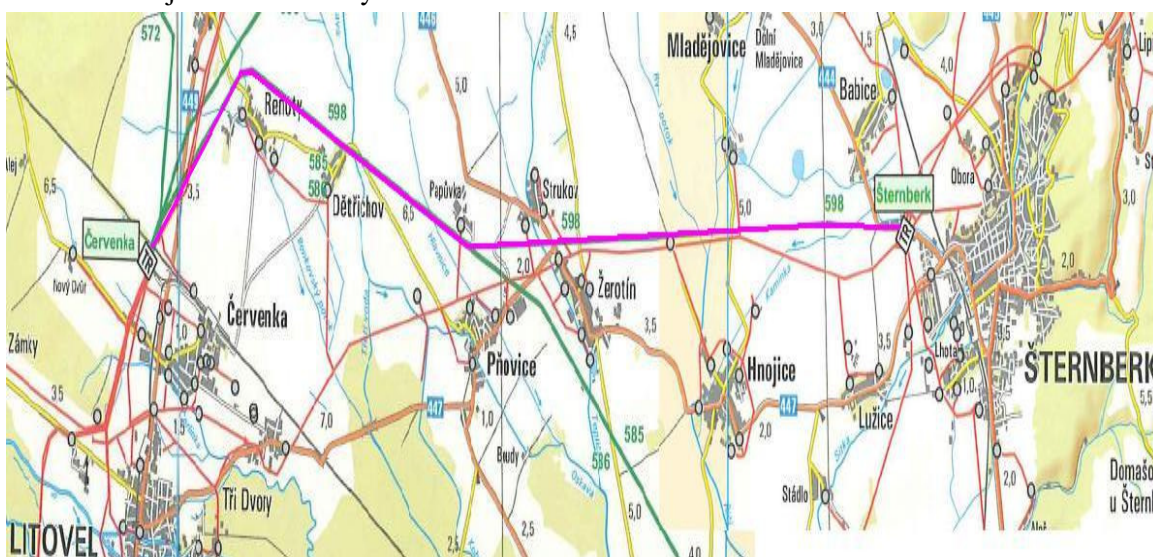
**D) Ekonomické hodnocení*****Náklady stavby:***

- projekční práce a inženýrská činnost	<b>5 mil. Kč</b>
- náklady na rekonstrukci	<b>40 mil. Kč</b>
<b>Celkem</b>	<b>45 mil. Kč</b>

**E) Trasa vedení**

- Situační výkres – mapa

Vedení č.598-1 je na obrázku zvýrazněno růžovou barvou.



Obr. 5.2.1 Trasa vedení 598

**2) Zadávací návrh 623 a 624-1 Albrechtice – Elektrárna Karviná :****A) Název stavby a základní údaje:**

Název stavby	Albrechtice – Elektrárna Karviná - rekonstrukce vedení č. 623-1 a 624-1
Místo stavby	Moravskoslezský kraj; okres Karviná
Charakteristika stavby:	Rekonstrukce
Název a sídlo investora:	ČEZ Distribuce, a.s. Děčín 4, Teplická 874/8, PSČ 405 02 IČO:27232425
Zahájení stavby:	06/2011
Ukončení stavby:	08/2011
Lhůta stavby:	2 měsíce
Předpokládaná výše celkových nákladů stavby	<b>13 mil. Kč</b>

**B) Souhrnné technické řešení:*****Stávající stav vedení – výchozí podklady:***

Vybudováno v roce:	1952
Délka trasy vedení:	5,8 km
Počet podpěrných bodů:	29 stožárů
Typ stožárů:	soudek
Vodiče:	AlFe 185 mm <sup>2</sup> + Fe 150 mm <sup>2</sup> (zemní lano)



**Nový stav vedení:**

Rekonstruované dvojité vedení VVN 623/624-1 bude vedeno ve stávající trase. U tohoto vedení se provede jen oprava základů stožárů, oprava uzemnění, oprava konstrukce stožárů, výměna izolátorů a armatur, výměna vodičů. Vodiče zůstanou stejné jako před rekonstrukcí, tedy AlFe 185 mm<sup>2</sup>, zemní lano Fe 150 mm<sup>2</sup>. Izolace bude sestavena z izolátorů LG 75/22/1270. Další použitý materiál – šrouby, matice, podložky, svařovací materiál apod. musí odpovídat požadavkům ČSN EN 50341-1 (ČSN 33 3300). Do výšky cca 3 m budou použity bezpečnostní šrouby proti zcizení úhelníků. Místo šroubů provést spoje nýtováním. Veškerý montážní materiál a doprovodné díly budou použity od standardních dodavatelů doporučených provozovatelem zařízení.

**C) Ekonomické hodnocení****Náklady stavby:**

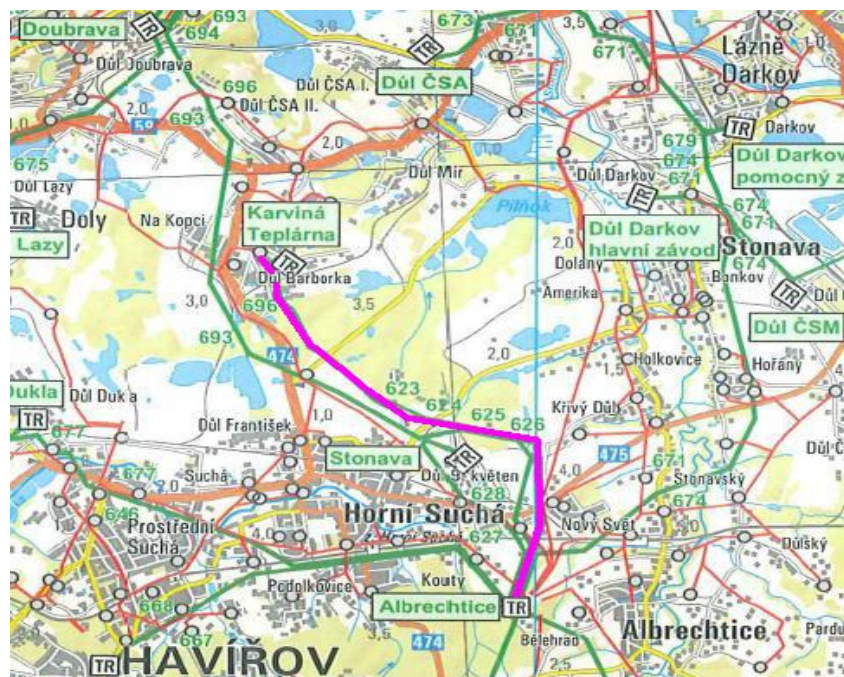
- Projekční práce a inženýrská činnost	<b>1 mil. Kč</b>
- Náklady na rekonstrukci	<b>12 mil. Kč</b>
<b>Celkem</b>	<b>13 mil. Kč</b>

**D) Zdůvodnění stavby**

Rekonstrukce stávajícího vzdušného dvojitého vedení VVN 2x110kV č. 623/624-1 Albrechtice – Elektrárna Karviná se provede z důvodu velkého výskytu závad na vedení. Za sledované období od 9/07 až 2/10, tedy 30 měsíců, bylo zjištěno 14 a 9 závad.

**E) Trasa vedení**

Vedení č. 623/624 je na obrázku zvýrazněno růžovou barvou.



Obr. 5.2.2 Trasa vedení 623/624

## 6. Návrh na intenzivnější údržbu vedení 110kV

V této kapitole jsem řešil návrh na intenzivnější pravidelnou kontrolu a údržbu na vedeních, která se podle grafu 4.1 řadí do druhé skupiny závad.

Z grafu 4.1 se jedná o skupiny závad 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13. Tuto skupinu tvoří 107 úseků vedení, což je 31,4 % ze všech úseků vedení 110kV – oblast Morava.

Na úsecích vedení označených jako revizní oblast VVN se provádí pravidelná kontrola a údržba co 96 měsíců (8 let).

Na úsecích vedení označených jako revizní oblast VVN-NEST se provádí pravidelná kontrola a údržba co 48 měsíců (4 roky). Jedná se o vedení, která se nacházejí na nestabilním podloží.

V novém návrhu bude provedeno zdvojnásobení intenzity pravidelné kontroly a údržby. To znamená, že pravidelná kontrola a údržba vedení se bude provádět častěji.

V revizní oblasti VVN navrhuji provádět pravidelnou kontrolu a údržbu co 48 měsíců (4 roky) a v revizní oblasti VVN-NEST navrhuji provádět pravidelnou kontrolu a údržbu co 24 měsíců (2 roky).

Na vedeních č. 595/596-T1; 598-1; 623/624-1, kde byla provedena rekonstrukce se bude provádět pravidelná kontrola a údržba co 96 měsíců (8 let).

Příloha diplomové práce č.3 obsahuje tabulku s výčtem úseků vedení 110kV nacházejících se ve druhé skupině závad, počtem zaznamenaných závad na těchto úsecích vedení, revizní oblasti ve které se nacházejí, lhůtami pro pravidelnou kontrolu a údržbu před a po návrhu na intenzivnější pravidelnou kontrolu a údržbu na těchto vedeních.

Návrhem na intenzivnější kontrolu a údržbu vedení a jejím plněním podle Řádu preventivní údržby, se předpokládá snížení výskytu závad na vedeních 110kV. Jedná se zvláště o závady, které se řadí do skupiny příčin spjatých s provozem a údržbou (45,45 %), což je 440 závad na zaznamenaných úsecích vedení viz Graf 4.3.



## 7. Vyhodnocení nákladů na km vedení dle současného stavu a nového návrhu

Použitá Metoda čisté současné hodnoty (NPV) v tomto případě slouží k posouzení, zda je navržena rekonstrukce třech nejzávadovějších vedení a navržena intenzivnější pravidelná kontrola a údržba pro vedení, nacházející se ve druhé skupině závad podle grafu 4.1 výhodná či nikoli a to z celkového pohledu na provoz sítě 110kV – oblast Morava. Byl použit algoritmus pro NPV [13].

Z databáze poruch a závad vedení 110kV jsem určil délky vedení pro celou síť 110kV - oblast Morava. Tato síť byla ještě rozdělena na vedení, která se podle revizní oblasti nacházejí v oblasti VVN a VVN-NEST (Tab. 7.1).

Po konzultaci s pracovníky ČEZ Distribuční služby byly zjištěny náklady na závady, poruchy a ceny úkonů prováděných v rámci údržby na vedení viz. Řád preventivní údržby viz. kapitola 2.2 (tab. 7.2.).

Tabulka 7.1 Délky vedení v oblastech

Skupina vedení	Celková délka vedení v km	VVN-NEST Celková délka vedení v km	VVN Celková délka vedení v km
1 skupina 1;2;3;	<b>1085,137</b>	<b>385,494</b>	<b>699,643</b>
2 skupina 4;5;6;7;8;9;10;11;12;13	<b>953,502</b>	<b>450,387</b>	<b>503,115</b>
3 skupina 14	<b>27,473</b>	<b>21,707</b>	<b>5,766</b>
délka všech úseků 110kV v km	<b>2066,11241</b>	<b>857,588733</b>	<b>1208,523677</b>

Tabulka 7.2 Náklady

současnost Núdr1	<b>5 390 579</b>	Kč/rok
nový návrh Núdr2	<b>6 219 888</b>	Kč/rok
průměrné náklady na jednu závalu	<b>50000</b>	Kč
průměrné náklady na jednu poruchu	<b>250000</b>	Kč
prohlídka+ termovizní diagnostika+ měření uzemnění	<b>1760</b>	Kč
lezecká prohlídka	<b>4800</b>	Kč

Uvedené délky a náklady (tab. 7.1 a 7.2) na jednu závalu, jednu poruchu a pracovní úkony jsou důležité pro výpočet nákladů (na údržbu, závady a poruchy) pro současný a nový stav sítě 110kV. Z toho se jsem vypočetl celkové náklady na provoz, opravy a údržbu současně a nově provozované sítě 110kV – oblast Morava (kapitola 7.1. a 7.2.).

V tabulce 7.3 jsou uvedeny délky vedení podle doby v měsících před rekonstrukcí a před zintenzivnění pravidelné kontroly a údržby na vedení.

Tabulka 7.3 Délky vedení podle doby v měsících současný stav

Skupina závad	údržba v měsících		Celkový součet délek v km
	48	96	
1	151,34	264,21	415,55
2	139,87	227,95	367,82
3	94,29	207,47	301,76
4	148,03	98,32	246,35
5	42,98	118,63	161,60
6	98,92	108,65	207,57
7	64,97	42,49	107,46
8	17,11	41,97	59,08
9	33,01	48,82	81,84
10	38,67	26,48	65,15
11	0,00	12,12	12,12
12	0,00	5,64	5,64
13	6,70	0,00	6,70
14	21,71	5,77	27,47
<b>Celkový součet</b>	<b>857,59</b>	<b>1208,52</b>	<b>2066,11</b>

## 7.1. Současný stav vedení 110kV – oblast Morava

Náklady na současnou údržbu  $N_{\text{údr}}$  jsem vypočetl podle vzorce (7.1).

$N_{\text{údr}} = \text{Náklady na (prohlídku+termovizní diagnostiku+ měření uzemnění)} \cdot l_c + \text{Náklady na (lezeckou prohlídku co 48 měsíců)} \cdot l_{48} + \text{Náklady na (lezeckou prohlídku co 96 měsíců)} \cdot l_{96}$

$$N_{\text{údr}} = 1.760 \cdot l_c + 1.200 \cdot l_{48} + 600 \cdot l_{96} = \underline{\underline{5.390.579 \text{ Kč}}} \quad (7.1)$$

$l_c$  - délka všech úseků vedení 110kV v km

$l_{48}$  – délka všech úseků vedení 110kV v revizní oblasti VVN-NEST v km

$l_{96}$  – délka všech úseků vedení 110kV v revizní oblasti VVN v km

Náklady na závady  $N_Z$  jsem vypočetl podle vzorce (7.2)..

$N_Z = \text{průměrná závadovost na všech linkách 110kV - oblast Morava za sledované období 2,5let} \cdot \text{průměrné náklady na jednu závadu}$

$$N_Z = 105 \cdot 50.000 = \underline{\underline{5.250.000 \text{ Kč}}} \quad (7.2)$$

Náklady na poruchy  $N_P$  jsem vypočetl podle vzorce (7.3).

$N_P = \text{průměrná poruchovost na všech linkách 110kV - oblast Morava za sledované období 2,5let} \cdot \text{průměrné náklady na jednu poruchu}$

$$N_P = 52 \cdot 250.000 = \underline{\underline{13.000.000 \text{ Kč}}} \quad (7.3)$$

Hodnota *průměrná závadovost a poruchovost na všech linkách 110kV- Morava za sledované období 2,5let*, byla zjištěna analýzou databáze závad a poruch na vedení 110kV – oblast Morava..

Náklady na provoz, opravy a údržbu současně provozované sítě 110kV – oblast Morava jsem vypočetl podle vzorce (7.4)

$$N = N_p + N_z + N_{\text{údr1}}$$

$$N = 13.000.000 + 5.250.000 + 5.390.579 = \underline{\underline{23.641\text{mil.Kč}}} \quad (7.4)$$

Tato hodnota nákladů je použita v algoritmu pro výpočet NPV pro první variantu bez zrekonstruovaných nejproblemovějších vedení a bez zintenzivnění pravidelné kontroly a údržby vedení.

Příloha diplomové práce č.4 obsahuje tabulku s výpočtem metodou NPV pro současný stav sítě 110kV – oblast Morava bez rekonstrukce třech nejproblemovějších vedení a navržení intenzivnější pravidelné kontroly a údržby vedení.

## 7.2. Nový stav vedení 110kV – oblast Morava:

V novém stavu sítě 110kV – oblast Morava se již uvažuje s provedenou rekonstrukcí třech nejproblemovějších vedení a intenzivnější pravidelnou kontrolou a údržbou vedení podle kapitoly 6.

Náklady na novou údržbu  $N_{\text{údr2}}$  jsem vypočetl podle vzorce (7.5).

$N_{\text{údr2}} = \text{Náklady na (prohlídku+termovizní diagnostiku+ měření uzemnění)} \cdot l_c + \text{Náklady na (lezeckou prohlídku co 24 měsíců)} \cdot l_{24} + \text{Náklady na (lezeckou prohlídku co 48 měsíců)} \cdot l_{48} + \text{Náklady na (lezeckou prohlídku co 96 měsíců)} \cdot l_{96}$

$$N_{\text{údr2}} = 1.760 \cdot l_c + 2.400 \cdot l_{24} + 1.200 \cdot l_{48} + 600 \cdot l_{96} = \underline{\underline{6.219.888\text{Kč}}} \quad (7.5)$$

$l_{24}$  – délka všech úseků vedení 110kV v revizní oblasti VVN-NEST v km po zintenzivnění pravidelné kontroly a údržby z 48 měsíců na 24 měsíců.

Náklady na závady  $N_z$  jsem vypočetl podle vzorce (7.6).

$N_z = \text{průměrná závadovost na všech linkách 110kV- Morava za sledované období 2,5let po zintenzivnění pravidelné kontroly a údržby} \cdot \text{průměrné náklady na jednu závadu}$

$$N_z = 51 \cdot 50.000 = \underline{\underline{2.550.000\text{Kč}}} \quad (7.6)$$

Náklady na poruchy  $N_p$  jsem vypočetl podle vzorce (7.7).

$N_p = \text{průměrná poruchovost na všech linkách 110kV- Morava za sledované období 2,5let po zintenzivnění doby pravidelné kontroly a údržby} \cdot \text{průměrné náklady na jednu poruchu}$

$$N_p = 29 \cdot 250.000 = \underline{\underline{7.250.000\text{Kč}}} \quad (7.7)$$

Hodnota průměrná závadovost a poruchovost na všech linkách 110kV- Morava za sledované období 2,5 let po zintenzivnění pravidelné kontroly a údržby, byla zjištěna po konzultaci s pracovníky ČEZ Distribuční služby a vycházela ze zkušeností při změně periody údržby vedení 110 kV z 8-mi let na 4 roky.

Náklady na provoz, opravy a údržbu nově provozované sítě 110kV – Morava jsem vypočetl podle vzorce (7.8).

$$N = N_p + N_z + N_{\text{údr2}}$$

$$N = 7.250.000 + 2.550.000 + 6.219.888 = \underline{\underline{16.019 \text{ mil. Kč}}} \quad (7.8)$$

Tato hodnota nákladů je použita v algoritmu pro výpočet NPV pro druhou variantu. Sít' po rekonstrukci nejproblemovějších vedení a po zintenzivnění doby pravidelné kontroly a údržby vedení.

V tabulce 7.4 jsou uvedeny délky vedení podle doby v měsících po rekonstrukci a zintenzivnění pravidelné kontroly a údržby na vedení.

Tabulka 7.4 Délky vedení podle doby v měsících nový stav

Skupina závad	údržba v měsících		Celkový součet délky v km
	48	96	
<b>1</b>	151,34	264,21	415,55
<b>2</b>	139,87	227,95	367,82
<b>3</b>	94,29	207,47	301,76
-	údržba v měsících	údržba v měsících	-
-	24	48	-
<b>4</b>	148,03	98,32	246,35
<b>5</b>	42,98	118,63	161,60
<b>6</b>	98,92	108,65	207,57
<b>7</b>	64,97	42,49	107,46
<b>8</b>	17,11	41,97	59,08
<b>9</b>	33,01	48,82	81,84
<b>10</b>	38,67	26,48	65,15
<b>11</b>	0,00	12,12	12,12
<b>12</b>	0,00	5,64	5,64
<b>13</b>	6,70	0,00	6,70
-	údržba v měsících	údržba v měsících	-
-	96	96	-
<b>14</b>	21,71	5,77	27,47
<b>Celkový součet</b>	<b>857,59</b>	<b>1208,52</b>	<b>2066,11</b>

Posouzením těchto dvou variant jsem získal dva výsledky.

Ponechán stávající stav sítě 110kV – oblast Morava a provozováno:

Kumulovaný cash flow **-284.19 mil Kč**

Nový stav sítě 110kV – oblast Morava s provedenou rekonstrukcí nejproblemovějších vedení a intenzivnější pravidelnou kontrolou a údržbou vedení:

Kumulovaný cash flow **-262.81 mil Kč**

Z výsledků vyplývá, že navržená varianta, kdy se v celé síti 110kV navrhne intenzivnější kontrola a údržba vedení v době 24 měsíců, 48 měsíců a 96 měsíců a provede se rekonstrukce třech nejproblemovějších vedení 110kV je výhodnější pro provoz, než varianta ponechání sítě ve stávajícím stavu a provozovat ji.

Příloha diplomové práce č.5 obsahuje tabulku výpočtu metodou NPV pro nový stav sítě 110kV – oblast Morava po rekonstrukci třech nejproblemovějších vedení a navržení intenzivnější pravidelné kontroly a údržby vedení.

## Závěr

Cílem této diplomové práce bylo přiblížit problematiku provozu a údržby vedení 110kV.

V teoretické části byla rozebrána Elektrizční soustava ČR. Byly zde uvedeny druhy elektroenergetických sítí v rámci přenosové a distribuční soustavy, druhy rozvodu elektrické energie (zvláště pro síť 110kV) a podmínky, na které je nutno brát zřetel při jejich dimenzování. V další části byla rozebrána problematika údržby sítě 110kV a sítí obecně. Každá společnost zabývající se přenosem nebo distribucí elektrické energie a nejen jí, má svůj Řád preventivní údržby, případně kontroly. Tento Řád je definován jako předpis organizace pro provádění preventivní údržby elektrického zařízení obsahující způsob, lhůty a další nezbytné náležitosti zabezpečující provádění vlastní preventivní údržby. Jsou v něm uvedeny druhy pracovních postupů na konkrétním zařízení (elektrické stanice, kabelové vedení VN, venkovní vedení VVN, apod.). Dále zde bylo nastíněno jak vypadá termovizní diagnostika (kontrola) na stožáru VVN.

V odborné části byla analyzována databáze poruch a závad na vedení 110kV - oblast Morava. Nejprve byla provedena analýza poruch za sledované období od 28.2.2000 do 25.10.2009, tedy 117 měsíců. Za období 117 měsíců sledování bylo na 130 úsecích vedení 110kV - oblast Morava zaznamenáno celkem 303 poruch. Nejčastější příčinou vzniku zaznamenaných poruch jsou přírodní vlivy (28,05 %), což je 85 poruch. Z těchto příčin tvoří nejvíce poruch sníh a námraza (49,41 %), což je 42 poruch. Jako druhá byla analyzována databáze závad za sledované období od 5.9.2007 do 24.2.2010, tedy 30 měsíců. Za období 30 měsíců sledování bylo na 262 úsecích vedení 110kV - oblast Morava zaznamenáno celkem 968 závad. Nejčastější příčinou vzniku zaznamenaných závad jsou příčiny spjaté s provozem a údržbou (45,45 %), což je 440 závad. Největší počet těchto příčin tvoří porušení tvaru, celistvosti a funkce (53,64 %), což je 263 závad. Z toho nejčastější závady jsou poškozený prvek (30,08 %), což je 71 závad. Na základě analýzy databáze závad byly určeny tři nejproblemovější vedení 110kV. Pro tyto tři vedení se navrhla celková rekonstrukce podle zadávacího návrhu. Pro vedení č.595/596-T1 Olšanské papírny, byla využita metoda NPV pro posouzení, zda-li je varianta celkové rekonstrukce oprávněna, nebo je lepší ponechat vedení ve stávajícím stavu. Z výsledku vyplynulo, že navržená celková rekonstrukce je opodstatněná a výhodná. Jako další byl proveden návrh na intenzivnější dobu pravidelné údržby a kontroly vedení 110kV nacházejících se v revizní oblasti VVN a VVN-NEST. Doba byla určena na 24 měsíců, pro vedení v nestabilní oblasti, 48 měsíců pro zbylá vedení a 96 měsíců pro vedení, kde byla provedena celková rekonstrukce. V posledním bodě diplomové práce se pomocí algoritmu pro metodu NPV řešilo, zda-li je provedená rekonstrukce třech nejpostiženějších vedení spolu s návrhem na intenzivnější dobu pravidelné údržby a kontroly výhodnější pro provoz z celkového pohledu na síť 110kV – oblast Morava či nikoli. Z výsledku vyplynulo, že je tento návrh pro síť 110kV opodstatněný. Na zrekonstruovaných vedeních se sníží výskyt poruch a závad a ve zbylé části sítě 110kV – oblast Morava dojde také ke snížení počtu poruch a závad vlivem častější pravidelné údržby a kontroly vedení. To je z pohledu provozovatele i odběratele pozitivní zpráva.

## **Použitá literatura a internetové odkazy v Diplomové práci**

### **I. kapitola:**

- [1] <http://survival.specialista.info/view.php?cislocclanku=2006072601>
- [2] Prof. Ing. Hradílek Zdeněk; Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení ; VŠB – TU Ostrava; 2009
- [3] Ing. Orságová Jaroslava; Rozvodná zařízení; skriptum Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií; VUT Brno
- [4] Ing. Fencel František CSc.; Elektrický rozvod a rozvodná zařízení; skriptum Fakulta elektrotechnická; ČVUT Praha; 2003
- [5] Doc. Ing. Blažek Vladimír, Ing. Skála Petr; Distribuce elektrické energie; skriptum Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií; VUT Brno
- [6] Doc. Ing. Vrána Václav; Dimenzování a jištění elektrických vedení; skriptum Fakulta elektrotechniky a informatiky; VŠB-TU Ostrava; 2006
- [7] Doc. Dr. Ing. Gurecký Jiří; Projektování elek. distribučních sítí; učební texty a skriptum VŠB-TUO;

### **II. kapitola:**

- [8] <http://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-07-28.3557182725/view>
- [9] Podklady ČEZ a.s.; Řád preventivní údržby ČEZ Distribuce, a.s.; DSO\_ME\_0057r03příloha 1

### **III. kapitola:**

- [10] Databáze poruch a závad na vedení 110kV – oblast Morava; Podklady ČEZ a.s.; ČEZ Distribuční služby s.r.o

### **IV. kapitola:**

- [10] Databáze poruch a závad na vedení 110kV – oblast Morava; Podklady ČEZ a.s.; ČEZ Distribuční služby s.r.o

### **V. kapitola:**

- [10] Databáze poruch a závad na vedení 110kV – oblast Morava; Podklady ČEZ a.s.; ČEZ Distribuční služby s.r.o
- [11] vzory Zadávacích návrhů staveb; Podklady ČEZ a.s.; ČEZ Distribuční služby s.r.o
- [12] [http://www.fux.hu/acelaluminiumvezeteksodronyok\\_eng.htm](http://www.fux.hu/acelaluminiumvezeteksodronyok_eng.htm)
- [13] Doc. Dr. Ing. Zdenek Medvec; Učební texty , Program a cvičení z předmětu Ekonomika a management v elektroenergetice; VŠB-TUO; FEI

### **VI. kapitola:**

- [10] Databáze poruch a závad na vedení 110kV – oblast Morava; Podklady ČEZ a.s.; ČEZ Distribuční služby s.r.o

### **VII. kapitola:**

- [13] Doc. Dr. Ing. Zdenek Medvec; Učební texty , Program a cvičení z předmětu Ekonomika a management v elektroenergetice; VŠB-TUO; FEI

## **Přílohy Diplomové práce**